

EXERCICES PHYSIQUES ET BESOINS ALIMENTAIRES

TRAVAIL DU LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE
APPLIQUÉE A L'ÉDUCATION PHYSIQUE ET AUX SPORTS
(Section d'Études du Service de Santé)

THÈSE

PRÉSENTÉE

à la FACULTÉ de MÉDECINE et de PHARMACIE de LYON

et soutenue publiquement le 25 Novembre 1942

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

BARRIÈRE Marcel

Né le 1^{er} Mars 1915 à ORAN (Algérie)

ÉLÈVE DE L'ÉCOLE DU SERVICE DE SANTÉ

Diplômé de Bactériologie

d'Inspection Médicale des Ecoles et de l'Éducation Physique
de Médecine Légale et Psychiatrie



LYON

Imprimerie du « Salut Public

71, Rue Molière, 71

—
1942

Exercices Physiques
et
Besoins Alimentaires

Travail du Laboratoire de Physiologie
appliquée à l'Education Physique et aux Sports

(Section d'Etudes du Service de Santé)



Digitized by the Internet Archive
in 2026

EXERCICES PHYSIQUES ET BESOINS ALIMENTAIRES

TRAVAIL DU LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE
APPLIQUÉE A L'ÉDUCATION PHYSIQUE ET AUX SPORTS
(Section d'Études du Service de Santé)

THÈSE

PRÉSENTÉE

à la FACULTÉ de MÉDECINE et de PHARMACIE de LYON

et soutenue publiquement le 25 Novembre 1942

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

BARRIÈRE Marcel

Né le 1^{er} Mars 1915 à ORAN (Algérie)

ÉLÈVE DE L'ÉCOLE DU SERVICE DE SANTÉ

Diplômé de Bactériologie

d'Inspection Médicale des Ecoles et de l'Éducation Physique
de Médecine Légale et Psychiatrie



LYON

Imprimerie du « Salut Public »

71, Rue Molière, 71

1942

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

Doyen M. J. LEPINE.
Assesseur M. A. MOREL.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. HUGOUNENQ, PIC, PAVIOT, NICOLAS, VILLARD,
NOVÉ-JOSSERAND, TIXIER, COLLET, GAYET, CLUZET, BÉRARD, COURMONT,
GUIART, PIÉRY, CADE, THEVENOT Léon

PROFESSEURS

Cliniques médicales	MM. FROMENT.
Cliniques chirurgicales	SAVY.
Clinique obstétricale et Accouchements	PATEL.
Clinique ophtalmologique	SANTY.
Clinique dermatologique et syphilligraphique	RHENTER.
Clinique neurologique et psychiatrique	BONNET.
Clinique médicale infantile	FAVRE.
Clinique gynécologique	LEPINE J.
Clinique d'oto-rhino-laryngologie	MOURIQUAND.
Clinique urologique	COTTE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	REBATTU.
Clinique et prophylaxie de la tuberculose	CIBERT.
Clinique des maladies infectieuses	TAVERNIER.
Physique biologique, Radiologie et Physiothérapie	DUFOURT.
Chimie biologique et médicale	X...
Chimie organique et Toxicologie	PONTHUS.
Matière médicale et Botanique	FLORENCE.
Parasitologie et Histoire naturelle médicale	MOREL.
Anatomie	MANCEAU.
Histologie	GARIN.
Physiologie	LATARJET.
Pathologie interne	POLICARD.
Pathologie générale et thérapeutique	HERMANN.
Anatomie pathologique	CORDIER.
Chirurgie opératoire	DE HAUME.
Médecine expérimentale et comparée et Bactériologie	MARTIN J.-F.
Médecine légale	ROCHET.
Hygiène	ARLOING (F.)
Pharmacie et Pharmacologie	MAZEL.
Hydrologie thérapeutique et Climatologie	ROCHAIX.
	LEULIER.
	GATÉ.

PROFESSEUR TITULAIRE SANS CHAIRE

Chargé d'un cours d'Embryologie MM. NOEL.
Chargé d'un cours d'Anatomie GABRIELLE.
Chargé d'un cours de Toxicologie CHAMBON.

AGREGES

MM.	MM.	MM.	MM.
REVOL	CROIZAT	LEVRAI	PIFFAULT
ENSELME	DELORE	BANSSILLON	FROMENT (R.)
SEDALLIAN	JOSSERAND	MALLET-GUY	MARTIN (P.-E.)
CREYSEL	MORIN	ROMAN	MOUNIER-KUHN
DE ROUGEMONT	BERTRAND	PEYCELON	BROUSSY
P. RAVAUULT	CLAVEL	PIGEAUD	JOURDAN

EXAMINATEURS DE LA THESE

MM. LATARJET, Président ; CORDIER, Assesseur ;
GABRIELLE et MORIN

La Faculté de Médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

Je dédie ce travail :

A LA MEMOIRE

DE MA MERE

DE MA GRAND'MERE BARRIERE

A MON PERE

Témoignage de reconnaissance, de respect,
d'affection.

A MA MARRAINE

A MA TANTE

MADemoiselle M.-Th. BARRIERE

A MA FEMME

A MES ENFANTS :

CLAIRE
GENEVIEVE
LOUIS-MARC

A MES FRERES

A TOUS LES MIENS

A MES CAMARADES

DE L'ECOLE DU SERVICE DE SANTÉ

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR LATARJET

*Professeur d'Anatomie à la Faculté de Médecine,
Directeur de l'Institut régional d'Education physique
et sportive de l'Université de Lyon,
Membre correspondant de l'Académie de Médecine,
Officier de la Légion d'Honneur.*

Nous lui adressons l'expression
de notre respectueuse reconnais-
sance pour le grand honneur qu'il
nous a fait en nous inspirant le
sujet de cette thèse et en acceptant
de présider notre jury.

A NOS JUGES

A NOTRE MAITRE

MONSIEUR LE MÉDECIN-PRINCIPAL JAULMES

*Médecin-chef du Laboratoire de Physiologie appliquée
à l'Education Physique et aux Sports,
Médecin et Spécialiste des Hôpitaux Militaires.*

Il a bien voulu nous diriger dans l'élaboration de cette thèse et nous accorder une aide aussi importante que précieuse.

Nous le prions d'accepter l'expression respectueuse de notre reconnaissance pour la grande bonté qu'il nous a toujours témoignée.

Qu'il nous permette de lui dire aussi notre profond attachement.

A NOS MAITRES DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE LYON

A MONSIEUR LE MÉDECIN-INSPECTEUR CHAUMET

Directeur de l'Ecole du Service de Santé

A NOS MAITRES DE L'ÉCOLE DU SERVICE DE SANTÉ

A NOS CHEFS

Je tiens aussi à exprimer ici ma respectueuse gratitude :

A MONSIEUR LE MÉDECIN DE 1^{re} CLASSE DICHARRY

A MONSIEUR LE MÉDECIN DE 1^{re} CLASSE DUVAL

A MONSIEUR LE MÉDECIN DE 1^{re} CLASSE JOUBERT

A MONSIEUR LE MÉDECIN DE 1^{re} CLASSE ROBION

A MONSIEUR LE MÉDECIN DE 1^{re} CLASSE SIMON

Ils nous ont toujours accueilli
avec la plus grande bienveillance,
et nous ont donné les moyens de
poursuivre nos recherches.

AVANT-PROPOS

Assistant au mois de février 1942 à des séances d'entraînement d'élèves monitrices et moniteurs, dirigées médicalement par M. le Professeur LATARJET, nous avons été frappé par l'entrain de ces sportifs, leur aspect sain et vigoureux, et les proportions harmonieuses du plus grand nombre d'entre eux.

Cet état évident de bonne santé, d'équilibre chez des sujets soumis à des efforts physiques importants et à des restrictions alimentaires sévères, nous a paru paradoxal. C'est ce qui nous a conduit à étudier les rapports de la ration alimentaire et du travail musculaire, et à rechercher dans une collectivité d'étudiants soumis à un même régime alimentaire les répercussions sur leur état physique d'activités musculaires nettement différentes.



INTRODUCTION

Les Pouvoirs Publics ont tenté, au cours de ces dernières années, de développer en France et particulièrement dans les écoles, collèges, lycées et universités, tout ce qui pouvait améliorer la condition physique des élèves et des étudiants.

Ils en soulignent la nécessité d'une façon pressante dans le Manuel à l'usage des Maîtres d'Education Générale :

« Une éducation qui oublie de favoriser et de surveiller le développement physique des enfants compromet non seulement leurs possibilités matérielles, mais encore leurs possibilités intellectuelles et morales. Et elle frappe aussi, par avance, les enfants de ces enfants. Négliger l'être corporel d'un individu ou d'un peuple a été grave de tout temps ; à notre époque les conséquences d'une telle négligence deviennent désastreuses. »

Une place déjà plus en rapport avec son importance dans le développement des adolescents est prévue pour l'éducation physique dans les programmes scolaires ; en 1938, le Dr DEZARNAULD a publié un projet de loi rendant obligatoire l'éducation physique pour tous les jeunes gens de l'un et l'autre sexe, soumis à l'éducation

scolaire, jusqu'à l'âge de 18 ans révolus. Une durée moyenne (variant avec l'âge des enfants et le degré d'enseignement) de 6 heures par semaine, dont 3 de plein air, devait lui être consacrée. Cet horaire est toujours en vigueur.

La Méthode Naturelle d'HÉBERT est actuellement préconisée mais : « *accompagnée d'un contrôle médical soigneusement organisé* ».

Par contre, le Corps Médical qui, dans des temps meilleurs, avait vainement proclamé des idées analogues, aujourd'hui, en face de la dureté des restrictions, recommande la prudence.

Plusieurs rapports ont été présentés dans ce sens à l'Académie de Médecine.

Le premier, le Professeur F. RATHERY, le 18 février 1941, au nom de la Commission des Restrictions de l'Académie, attire l'attention des Pouvoirs publics sur le rôle que doit jouer, dans les conditions actuelles des restrictions, la ration alimentaire dans la pratique de l'exercice physique et des sports.

« Aux deux principes directeurs capables d'éviter les dangers du surmenage : état constitutionnel du sujet et capacité physique à l'effort d'une part, adaptation rigoureuse du travail à fournir à cette capacité de rendement, de l'autre, vient s'en ajouter un troisième : la ration alimentaire correcte ; s'il suffit en temps normal de donner à l'enfant et à l'adolescent qui se livrent aux sports une alimentation rationnelle, il n'en est plus de même en cas de disette. »

Après avoir rappelé ce que doit être la ration normale d'un adolescent suivant l'intensité de son activité physique, et l'insuffisance notable de sa ration actuelle, le Professeur F. RATHERY demande à l'Académie d'émettre des vœux indiquant l'utilité du développement de l'éducation physique sous contrôle médical sévère, mais insistant encore davantage sur la nécessité absolue de proportionner cet exercice physique à la ration alimentaire.

Le 2 Septembre 1941, MM. L. TANON et P. DALIMIER, dans un rapport à l'Académie sur « la pratique des grands sports et la sous-alimentation », après avoir rappelé la ration alimentaire nécessaire aux sportifs, concluent : « Au lieu de trouver logique la tendance que l'on a à réclamer une nourriture plus forte parce que l'on fait du sport professionnel ou, par goût ou par nécessité, du sport supplémentaire d'un autre travail, on ferait mieux, à notre avis, dans les conjonctures présentes, d'imposer aux travailleurs manuels et intellectuels de tout âge une économie de leurs forces, une épargne de leur dynamisme, en organisant le repos systématique qui est aujourd'hui la meilleure garantie de protection de l'individu et de la race. »

Et le 22 janvier 1942, après avoir entendu un rapport de M. Ch. RICHET sur la limitation temporaire des exercices physiques pendant la période des grandes restrictions alimentaires (l'idée maîtresse en est : « le sport c'est le pain des autres »), l'Académie de Médecine adopte le vœu suivant qui répète et complète un vœu adopté le 14 octobre 1941 :

« L'Académie, considérant que le sport exige une dépense calorique supplémentaire que ne peut fournir l'alimentation actuelle et qui ne peut être assurée qu'en prélevant cette alimentation supplémentaire sur la masse commune déjà trop restreinte, ou sur l'organisme du sportif lui-même, attire d'une façon pressante l'attention des Pouvoirs Publics sur la nécessité jusqu'au moment où l'alimentation sera redevenue normale :

a) d'interdire toute manifestation de sport athlétique (boxe, football, rugby, nage, bain de piscine, course à pied ou à bicyclette, saut d'obstacles), d'interdire également toutes les exhibitions et toutes les compétitions sportives publiques ;

b) de limiter à une heure au maximum par semaine le temps consacré dans les lycées, collèges et écoles aux exercices physiques, exercices qui ne devront exiger qu'un effort modéré ;

c) de rendre facultative la présence des élèves à ces exercices physiques. »

Nous nous contenterons seulement de faire remarquer que ces différents rapports visent surtout les sports et principalement les sports de compétition ; il y a une distinction, que l'on néglige encore trop souvent de faire entre ces activités physiques exigeant des efforts particulièrement intenses et l'éducation physique proprement dite.

Nous empruntons à RECAMIER cette définition de l'éducation physique :

« L'éducation physique est cette partie de l'éducation générale qui a pour but d'aider au développement normal du corps et de maintenir un équilibre harmonieux entre les différentes fonctions de l'organisme... L'éducation physique n'est ni le sport, ni la leçon de gymnastique, ni le grand air : c'est un ensemble où les exercices et les efforts musculaires entrent pour une part importante, mais qui doit comprendre tous les moyens efficaces d'agir sur la santé et le développement physique. »

*
* *

Parallèlement à ces exposés consacrés aux problèmes que posent la pratique de l'éducation physique et des sports et les restrictions alimentaires, le Professeur LÉON BINET présentait au nom de la même Commission des restrictions, un rapport documenté sur la ration alimentaire des travailleurs manuels.

Il peut paraître illogique de rapprocher deux activités aussi différentes qu'un métier manuel et l'éducation physique, dont les effets sur l'organisme peuvent à certains points de vue s'opposer, mais l'une et l'autre se réduisent à un travail musculaire entraînant une dépense d'énergie.

En pratique, d'ailleurs, les deux se superposent le plus souvent, et l'éducation physique n'est qu'un surcroît d'activité musculaire, utile certes, mais que l'on peut régler et par conséquent que l'on doit adapter à la ration alimentaire lorsque celle-ci a une valeur imposée par les circonstances.

Mis en présence de ces deux tendances opposées, mais toutes deux justifiées : intérêt d'intensifier la culture physique, prudence commandée par les restrictions alimentaires, et surpris par le fait en apparence paradoxal que nous signalions dans notre Avant-Propos, nous nous sommes demandé comment, à l'aide des données de la physiologie, on pouvait concevoir le rapport existant entre la ration alimentaire et le travail musculaire.

Cette étude théorique, qui fait l'objet de la première partie de ce travail, a fait apparaître la difficulté qu'il y a, dans la pratique, à établir une relation précise entre ration alimentaire et travail musculaire.

Autrement dit, il est très difficile, sinon impossible, de prévoir a priori si une ration donnée suffira à couvrir les dépenses énergétiques entraînées par une activité physique déterminée, sans que les réserves de l'organisme soient touchées.

Nous avons alors pensé à étudier, chez un groupe de sujets soumis à une même ration alimentaire, le comportement des différentes catégories d'individus en fonction de leur activité physique. L'exposé de ces recherches sur 179 étudiants fera l'objet de notre deuxième partie.

PREMIÈRE PARTIE

TRAVAIL MUSCULAIRE et RATION ALIMENTAIRE

Le problème se présente sous deux aspects principaux que nous envisagerons successivement :

1° — Peut-on établir une équivalence précise entre une ration alimentaire donnée et un travail musculaire déterminé ? Cela semble possible théoriquement, puisque :

— la valeur énergétique d'une ration peut s'évaluer en calories ;

— le travail fourni par un mouvement musculaire peut s'évaluer en kilogrammètres ;

— le rendement du moteur humain oscille autour de 25 % ;

— les dépenses énergétiques entraînées par le travail musculaire se surajoutent à toutes les autres dépenses de l'organisme (notamment : métabolisme de base, action dynamique spécifique, thermo-régulation) ; nous envisagerons également si les dépenses énergétiques dues au travail cérébral sont à prendre en considération.

C'est là l'aspect quantitatif du problème.

2° — Mais il se présente aussi à un *point de vue qualitatif* :

— une ration suffisante quantitativement est-elle adaptée par son équilibre au travail musculaire ?

— y a-t-il des aliments ou des substances permettant de rendre le travail plus facile ou plus économique ?

CHAPITRE PREMIER

Valeur énergétique de la ration et travail musculaire

(Aspect quantitatif du problème)

Comment établir un équilibre entre la ration alimentaire appréciée uniquement au point de vue quantitatif par sa valeur en calories, et le travail musculaire ?

A. — STANDARDS ALIMENTAIRES.

On a tout d'abord proposé un certain nombre de standards alimentaires, basés sur des données statistiques et des faits expérimentaux, standards variables suivant l'activité physique des individus ; les plus anciens sont ceux de VOIT, ATWATER et RUBNER établis pour un homme moyen accomplissant un travail modéré.

VOIT, partant surtout de données statistiques, fixe la ration à 3.055 calories ; ATWATER, se basant sur des déterminations calorimétriques, arrive au chiffre de 3.315 calories ; RUBNER, enfin, admet un chiffre voisin de celui de VOIT : 3.092 calories.

RATION ALIMENTAIRE JOURNALIÈRE D'UN HOMME MOYEN

Auteurs	Dates	Poids	Ration de repos	Ration de travail				Observations
				léger	moyen	intense	très intense	
VOIT	1881	moyen			3055			Cal. nettes (statistiques)
ATWATER	1899	moyen			3315			Cal. nettes (expérimentation)
RUBNER		moyen			3092			Cal. nettes
MAGNUS LÉVY		70 K.	2230	2600 (horloger)	3100	3500 et plus		Cal. nettes
A. GAUTHIER	1904	60-65	2000	2563		3700	5300 à 6500	Statistiques
V. NOORDEN			2100 - 2500	2275 - 3000	3125	3250	4550	
L. LANDOUZY et H. M. LABBÉ	1905			2750 (employé)	3250 (menuisier)	3950 (terrassier)		
LE NOIR et CH. RICHEL		70 K.		2500	3150	4100		Cal. brutes
Commission du Ravitaillement	1914 1918	70 K.			3300 3000			Cal. brutes Cal. nettes
E. P. CATHCART	1927					3000		
MAX RUBNER	1930	70 K.	2300	2445	2868	3362		
VON TYSZKA	1934				3000			
Institut d'alimentation U. R. S. S.					3250 à 3644		4300	
AYKROYD	1935		2500 2200 à 2300		3000			Cal. brutes Cal. nettes
S. D. N. :								
ROME	1932	70 K.			3000 2700 à 2800			Cal. brutes
<i>Calories supplémentaires par heure de travail :</i>								
LONDRES	1935	70 K.	2400	50	50-100	100-200	200 et plus	Cal. nettes
GENÈVE	1936	70 K.	2400	75	75-150	150-300	300 et plus	Cal. nettes

Ces trois standards qui ont été proposés par leurs auteurs comme de simples tentatives d'estimation font maintenant autorité à force d'avoir été cités dans les manuels (AYKROYD).

Puis vient toute une série d'estimation qui sont résumées dans le tableau ci-dessus, qui n'a d'ailleurs pas la prétention d'être complet.

Les chiffres qui y sont reproduits appellent les *observations suivantes* :

1° Il faut toujours savoir lorsqu'on exprime la valeur d'une ration s'il s'agit de calories *brutes ou nettes*. Ces dernières correspondant aux calories réellement assimilées. En effet, une certaine proportion d'aliments n'est pas utilisée en raison :

— *des déchets culinaires* : 12 % pour BIGWOOD et ROOST (mais cette proportion est sans doute inférieure en temps de restrictions) ;

— *des déchets intestinaux* : 4 à 5 % ; ces chiffres peuvent atteindre 40 % et plus, s'il s'agit par exemple de légumineuses non triturées (LAMBLING, TERROINE) ;

— *des déchets dus à la métabolisation incomplète* des aliments ingérés, mais les coefficients d'ATWATER en tiennent déjà compte.

Soit au total 16 % au maximum.

2° La valeur admise pour la ration alimentaire de repos est sensiblement la même pour tous les auteurs : 2.200 à 2.400 calories nettes.

3° La ration prévue pour un travail moyen oscille

autour de 3.000 calories. Mais n'est-ce pas là plutôt un chiffre historique que le résultat de nombreuses observations concordantes ?

On peut cependant admettre l'opinion suivante d'AYKROYD : « Si on élimine d'une part les individus qui accomplissent un travail extrêmement pénible et, d'autre part, les travailleurs sédentaires de toutes catégories, on constate que le nombre de calories absorbées chaque jour par un homme qui a suffisamment de ressources pour manger à sa faim, oscille autour de 3.000 dans les pays civilisés. »

4° Les rations moyennes fixées aux réunions successives de la Commission Technique de l'Alimentation de la S. D. N. vont en augmentant ; pour un travail moyen, 2.700 calories nettes en 1932, 3.000 en 1935, et 3.300 en 1936. Il est vraisemblable (et ceci pourrait peut-être s'appliquer à beaucoup de ces standards) que, entre autres raisons, ces chiffres ont été majorés afin de conserver une certaine marge de sécurité.

5° Peut-on définir physiologiquement le travail léger, moyen ou intense ?

La Conférence d'experts réunis à Rome en 1932 a, en conclusion de ses travaux, exprimé l'avis que : « dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas possible de définir utilement les termes de travail léger, travail modéré, travail pénible, ou la valeur d'une journée moyenne de travail normal ». Et la question ne semble guère avoir évolué depuis.

Notons seulement que DILL a proposé la classification suivante : le travail modéré correspondrait à une

dépense inférieure à trois fois le métabolisme basal, le travail dur à une dépense située entre trois et huit fois, et le travail maximum au-dessus de huit fois.

Pour donner un ordre de grandeur, on peut cependant admettre les chiffres suivants :

travail léger : 50.000 kilogrammètres,
travail moyen : 100.000 kilogrammètres,
travail intense : 150.000 à 200.000 kgms.

B. — EVALUATION DES DEPENSES ENERGETIQUES ENTRAINEES PAR LE TRAVAIL MUSCULAIRE.

Peut-on évaluer de façon exacte les dépenses énergétiques entraînées par le travail musculaire ?

Deux méthodes permettent cette évaluation :

— L'une consiste à mesurer par ergométrie le travail effectué ou à l'estimer à l'aide de formules, en faisant appel aux principes et aux calculs de mécanique ; connaissant le rendement du moteur humain, on peut, à partir de ce travail (évalué en kilogrammètres) connaître (en calories) les besoins énergétiques qu'il entraîne ;

— l'autre, prenant le problème par l'autre extrémité, consiste à mesurer directement le surcroît de dépenses énergétiques entraîné par un travail déterminé.

Un grand nombre de telles mesures a été effectué en vue surtout de déterminer les besoins énergétiques des différentes professions (1).

a) Dans le domaine de l'éducation physique et des sports on peut rappeler les chiffres suivants obtenus par la première méthode :

Pour la *marche* la formule suivante de MAREY et DEMENY, modifiée par LEFEVRE, permet de calculer en kilogrammètres le travail fourni :

$$T = \frac{3}{2} Ph + \frac{3P}{4g} V^2 + \frac{3}{4} \frac{P}{g} \frac{\pi^2 \theta^2}{180^2} R^2$$

dans laquelle :

P = poids du corps,

h = hauteur de son oscillation verticale,

v = variation de vitesse de sa force vive à chaque pas,

R = rayon de giration du membre inférieur,

= vitesse angulaire à chaque pas,

g = accélération de la pesanteur.

Le dernier terme de la formule est très faible et voisin de 0,23 kilogrammètres.

En multipliant par n (nombre de pas au km.) on a :

$$T = \frac{3}{2} nPh + \frac{3}{4} n \frac{P}{g} V^2 + 0,23n$$

(1) Notons au passage ce chiffre cité par RUBNER pour les médecins : 2.713 calories.

on aboutit ainsi, pour une marche en terrain horizontal, à un travail de :

5.143	kgms	par	km.	pour	une	marche	ordinaire
3.400	—	—	—	—	—	glissante à	faibles oscillations.
9 800	—	—	—	—	—	bondissante	
7.000	—	—	—	—	—	saccadée	
10.000	—	—	—	—	—	en terrain	inégal et pierreux

pour un homme de 65 kilos.

En montagne, l'équivalent moteur de la composante horizontale est voisin de 10.000 kgms.

La formule suivante donne le travail fourni :

$$T = P \left(H + \frac{H^r}{2} \right) + 10.000 N$$

H = montée,

H^r = descente,

N = nombre de km. parcourus.

Soit par exemple pour un homme de 65 kilos l'ascension et la descente de 3.000 m. avec 50 kms de marche : T = 792.500 kgms.

Une formule proposée par BOURLET donne pour la bicyclette la valeur du travail effectué en kgms par mètre parcouru, en faisant intervenir le poids (P) du cycliste et de sa machine, le pourcentage des côtes (p) et la vitesse (V) :

$$(0,01 + p) P + 0,003 V = \text{kgms par mètre parcouru}$$

soit, par exemple, pour une course de 20 kms de plat à 20 kms-heure, 2 kms de côtes à 3 % à 15 kms-heure et 3 kms de descente en roue libre : un travail de : 42.350 kgms.

L'énergie dépensée dans la *natation* a été évaluée par DU BOIS-REYMOND, à l'aide de sa remorque dynamométrique.

Pour une vitesse de 50 m. à la minute la dépense serait de 7 kgms par mètre.

Pour une vitesse de 30 mètres à la minute, LILJESTRAND admet 2 à 3 kgms par mètre parcouru.

Mais ces procédés de détermination, négligeant des facteurs importants de dépense énergétique (mouvements de retour des membres, maintien du corps à la surface de l'eau, action de la pression et de la température de l'eau) ne peuvent fournir que des données approchées.

Citons encore le résultat suivant obtenu par dynamométrie : dans un *canot* à 5 rameurs le travail de chaque rameur s'élève à 1.320 kgms à la minute (79.200 à l'heure) pour une vitesse de 18 kms à l'heure.

b) *La mesure des dépenses énergétiques*, soit par calorimétrie directe, telle qu'elle a été réalisée dans les chambres calorimétriques d'ATWATER ou de LEFÈVRE, soit à l'aide de la thermochimie respiratoire, a fait l'objet de nombreux travaux dont nous retiendrons les résultats suivants, permettant d'apprécier l'augmentation des dépenses pour un travail donné par rapport à l'état de repos.

Au cours de l'exercice, l'absorption d'oxygène s'accroît de 1 à 8 et peut atteindre dans les grands efforts 15 fois sa valeur de repos.

Voici à titre d'exemple des chiffres de consommation d'oxygène constatés par BOIGEY au cours d'une *partie de rugby*.

Au repos : 0 L. 239 par minute,

A la dixième minute : 0 L. 990 par minute,

A la vingtième minute : 1 L. 940 par minute,

A la trentième minute : 1 L. 400 par minute,

A la quarantième minute : 0 L. 980 par minute.

Pendant un *travail à l'aviron* (24 coups d'aviron à la minute, sujet non entraîné) :

Au repos : 0 L. 235 par minute,

A la deuxième minute : 1 L. 340.

A la cinquième minute : 2 L. 575.

D'après ZUNTZ, la marche entraîne pour un homme de 70 kgs et par heure la dépense énergétique supplémentaire suivante :

- 144 calories pour une marche en terrain horizontal
(3 kms 6 à l'heure),
- 285 — pour une marche en terrain horizontal
(4 kms 8 avec 25 kgs de charge),
- 147 — pour une ascension de 300 mètres (pente
30 %),
- 313 — pour une course à bicyclette sur piste
15 kms à l'heure),

517 — pour une course à bicyclette sur piste
(22 kms à l'heure),

601 — pour une course à bicyclette sur piste
(15 kms à l'heure avec vent contraire
de 10 mètres-seconde).

Pour DURIG la marche en terrain plat à la vitesse de 80 à 90 pas à la minute, soit 4,8 à 5,4 kms-heure, entraîne en moyenne une dépense supplémentaire d'énergie de 0,55 calories par kilo corporel et par kilomètre ; soit, pour un homme de 70 kgs : 40 calories par kilomètre et 1.200 calories pour une marche de 30 kilomètres. La même marche avec 25 kilos de charge entraînerait d'après ZUNTZ une dépense de 1.800 calories.

D'après HERBST, une course de :

200 mètres	exige	une	dépense	énergétique	de	100 C.
400	—	—	—	—	—	110 C.
800	—	—	—	—	—	130 C.
1.500	—	—	—	—	—	140 C.
5.000	—	—	—	—	—	360 C.

pour un homme de 70 kgs.

D'après ZUNTZ, la production de chaleur d'un sujet qui est de 1,23 au repos passe à 2,05 quand ce sujet est placé dans l'eau froide et à 9,86 lorsque le sujet se met à nager.

LILJESTRAND donne les chiffres suivants de consommation d'oxygène par minute chez un même sujet :

Au repos : 400 cc.

nage à vitesse moyenne : 748 cc.

nage de 47 m. à la minute : 2.800 cc.

si le nageur est complètement habillé, la consommation d'oxygène augmente de 64 %.

Pour MISSIURO et PERLSBERG, une leçon d'éducation physique de 45 minutes, repos compris, avec temps d'exercice net de 26' 24" à 29' 51" exige une demande énergétique supplémentaire de 146,5 à 161,4 calories. Chiffres analogues à celui cité par CHAILLEY-BERT, 200 à 250 calories pour une leçon d'éducation physique de une heure.

Les résultats obtenus par ces deux méthodes sont-ils suffisamment concordants ?

Prenons par exemple la dépense d'énergie entraînée par la marche; d'après la formule de LEFEVRE la marche ordinaire en terrain plat correspond à un travail de 5.143 kgms par kilomètre, soit 12 calories 1.

En admettant un rendement de 25 % cette marche exigerait 48 calories par kilomètre, chiffre un peu plus élevé mais comparable à celui de DURIG : 40 calories.

Pour une course à bicyclette de 15 kms-heure, en une heure en terrain plat, la formule de BOURLET donnerait pour un homme de 70 kgs un travail de 22.875 kgms, soit, en admettant le rendement minimum de 20 % une dépense de 270 calories, alors que pour le même travail, ZUNTZ trouve 313 calories.

Sans être absolument concordants, on voit que les chiffres obtenus sont cependant du même ordre de grandeur et qu'ils permettent d'évaluer au moins grossièrement la dépense énergétique d'un certain nombre d'exercices physiques.

C. — PLACE DES DEPENSES ENERGETIQUES DUES AU TRAVAIL MUSCULAIRE PARMI LES DEPENSES DE L'ORGANISME.

Mais la dépense énergétique du travail musculaire se superpose à toutes les autres dépenses de l'organisme : métabolisme de base, dépense due à l'action dynamique spécifique des aliments, dépense de la thermorégulation, dépense des multiples et incessants mouvements qu'accomplit dans sa journée un homme au repos.

Peut-on additionner ces différents chiffres purement et simplement, et connaître ainsi d'une part la dépense énergétique totale pour une journée (et partant, la ration alimentaire nécessaire) et, d'autre part, la répartition de ces dépenses entre les différentes catégories ? Il serait alors relativement facile de connaître pour une ration donnée la quantité de travail musculaire qu'elle permettrait d'effectuer sans que les réserves de l'organisme soient touchées.

1° MÉTABOLISME DE BASE

Le métabolisme de base, ou mieux l'énergie physiologique minima de l'homme adulte au repos, a été évaluée à 1.500 calories au minimum par jour.

Cette dépense minima correspond à celle d'un sujet placé exactement au point de neutralité thermique, c'est-à-dire dans un bain à 36°5.

En pratique, les chiffres du métabolisme de base constatés sont sensiblement plus élevés : 1.600 à 1.650 calories par jour. Ces chiffres ne sont d'ailleurs que des moyennes un peu théoriques, les seuls chiffres valables devant être rapportés à l'unité de surface.

Pour évaluer correctement cette dépense de base, il faut que deux conditions soient remplies : — le corps du sujet doit être placé au point de neutralité thermique, c'est-à-dire à la température où il ne doit lutter ni contre le froid ni contre le chaud ; ce point de neutralité se place à 15° chez un sujet très couvert, à 25° s'il est légèrement vêtu, à 38° s'il est nu.

— l'action dynamique des aliments doit être éliminée par un jeûne de 14 à 16 heures ; son influence est telle qu'un sujet largement nourri de protides, dépense autant de calories à 25° qu'à 18°.

Nous n'insisterons pas sur les nombreux facteurs de variation du métabolisme de base et rappellerons seulement les faits suivants :

— Le métabolisme de base est accru par une alimentation surabondante, surtout carnée ; chez l'homme des écarts de 16 à 39 % ont été constatés.

— Inversement dans la sous-alimentation le métabolisme de base est diminué :

C'est ainsi que BENEDICT et ses collaborateurs ont constaté chez des sujets normaux ayant subi une dimi-

nution d'environ 12 % de leur poids corporel, un abaissement du métabolisme basal de 15 à 20 %.

— Au cours de l'entraînement, certains auteurs (ZUNTZ et SCHUNBURG, HERXHEIMER) ont constaté une augmentation du métabolisme basal de 13 à 14 % ; chez les sportifs entraînés le M. B. n'augmente plus ; on croit même que son abaissement est le signe de l'entraînement. MISSIURO également, se basant sur plus de 200 observations, a constaté un abaissement du M. B. chez les sujets entraînés (jusqu'à 30,9 calories par mètre carré), et son augmentation au début de l'entraînement (42 calories-heure par mètre carré).

Cet accroissement des dépenses de base au début de l'entraînement est peut-être en relation avec la persistance plus ou moins prolongée après un exercice intense d'une augmentation de la demande en oxygène.

2° ACTION DYNAMIQUE SPÉCIFIQUE.

On sait que si pour une dépense physiologique de 100 calories l'organisme reçoit 100 calories de glucose, cette dépense est exactement couverte ; mais elle ne l'est plus s'il reçoit 100 calories d'autres aliments : il faut dans ce cas, toujours pour couvrir cette dépense physiologique de 100 calories :

135	calories de protides,
115	— de lipides,
106	— d'amidon,
102,5	— de saccharose,

les calories supplémentaires mesurent l'énergie nécessaire à l'utilisation par l'organisme de ces différents combustibles.

RUBNER a donné le nom d' « action dynamique spécifique » à cette énergie gaspillée qui représente ce que LAULANIÉ appelle « les frais d'exploitation des aliments ».

Classiquement on ajoute donc 200 calories par jour au M. B. pour couvrir cette dépense supplémentaire. Ceci est justifié si la ration doit couvrir uniquement les dépenses du M. B. pour lesquelles cette action dynamique spécifique joue.

Par contre, si l'organisme doit assurer également des dépenses de thermogénèse, et c'est le cas habituel, ces besoins pourront être couverts par cette action dynamique spécifique, et la chaleur de combustion des aliments autres que le glucose sera entièrement utilisée; il y aura isodynamie.

Il semble donc que cette dépense supplémentaire ne doive être retenue que pour des températures extérieures élevées et accompagnées d'une forte consommation de protides et lipides.

3° THERMORÉGULATION.

Au-dessous du point de neutralité thermique, et à mesure que la température extérieure s'abaisse, la dépense d'énergie pour lutter contre la perte de chaleur s'accroît très rapidement. C'est ainsi qu'un homme nu perd par heure dans un courant d'air de 3 m. 50 à la

seconde 313 calories à 4° et 112 à 20° ; vêtu il n'en perd plus à 4° que 170. Les besoins énergétiques pour ce « chauffage » de l'organisme peuvent donc être très élevés. De quel ordre sont-ils en pratique ?

Par la méthode de calorimétrie directe (LEFÈVRE) on a pu constater qu'un homme adulte de 70 kgs, au repos, entre 18 et 20°, produit un dégagement de chaleur de 2.250 à 2.300 calories par jour. Si l'on soustrait de ce chiffre les 1.500 calories du M. B., il reste 800 calories qui représentent la marge de thermogénèse d'entretien (1).

D'après LEFÈVRE, lorsque l'on passe de la moyenne d'été à la moyenne d'hiver, cette production de chaleur (et par conséquent cette consommation d'énergie) grandit du simple au double ou au triple. Mais en tenant compte du vêtement et du chauffage des locaux on ne dépenserait guère au repos plus de 2.800 à 3.000 calories en hiver contre 1.800 à 2.000 en été.

Ce qui donne théoriquement comme dépense énergétique de thermogénèse :

pour les mois d'hiver : 1.300 à 1.500 calories,

pour les mois d'été : 300 à 500 calories.

Ces chiffres sont élevés, et si, comme certains auteurs l'admettent, la chaleur propre du travail s'ajoute purement et simplement à la chaleur de repos

(1) Notons que MAGNUS-LEVY donne comme dépense totale d'énergie en 24 heures pour un homme de 70 kilos avec alimentation et repos à la chambre le chiffre de 2.230 calories, très voisin de celui de LEFÈVRE.

(somme de l'énergie de base et de la marge de thermogénèse) on aboutit à des dépenses énergétiques considérables, manifestement supérieures à la réalité.

Il est difficile d'admettre que la chaleur du travail n'épargne pas, plus ou moins, celle qu'au repos et à la même température le corps était obligé de faire pour sa défense contre le froid.

D'autres, par contre, considèrent que la chaleur de travail se soustrait toute entière de celle du repos. Ceci est également inadmissible car, lorsque la chaleur de travail serait égale à la chaleur du repos, le rendement atteindrait 1, ce qui est impossible.

Pour LEFÈVRE, et le fait semble bien démontré, la chaleur du travail n'épargne que la marge de thermogénèse. Celle-ci, par conséquent, est couverte au moins en grande partie, par l'excédent de chaleur fourni par le travail musculaire.

Pour LAPICQUE la marge de thermogénèse ne dépasserait guère 300 calories pour une dépense totale de 2.400 calories par jour.

LEFÈVRE et AUGUET ont étudié en détail *la thermorégulation du travail*. Des faits constatés par ces auteurs et des lois qu'ils en déduisent, rappelons seulement que :

— le métabolisme du travail diminue avec la température et passe par un minimum, variable avec la puissance de l'exercice, qui représente la chaleur de neutralité du travail ; ce point de neutralité peut descendre jusqu'à 0° et même au-dessous pour un travail intense ;

— tout travail élève l'organisme à une température appropriée et cette isotherme est d'autant plus haute que la température extérieure est plus forte. Au froid, il ne coûtera qu'un minimum de calories pour atteindre et maintenir l'isotherme.

De ces deux faits on peut déduire que, bioénergétiquement le travail de la machine vivante est plus économique au froid qu'au chaud.

4° RENDEMENT.

a) Le nombre de calories dont s'accroît la dépense de fond sous l'influence du travail musculaire ne se retrouve pas tout entier sous la forme de travail mécanique.

Une partie importante est dissipée sous forme de chaleur. Le pourcentage de travail mécanique fourni exprime le rendement de la machine vivante. LEFÈVRE et AUGUET ont montré qu'il n'y avait pas un rendement mais des rendements, suivant la base à partir de laquelle on compte la chaleur propre du travail, et la température extérieure.

Dans ces conditions le rendement peut varier de 14,5 à 31 %. C'est ainsi que pour un travail de 31.450 kgms effectué dans la chambre calorimétrique, le rendement subit les variations suivantes :

Calculé à partir :

- du M. B. il varie de 14,5 à 18,5 % ;
- de la neutralité de repos assis : 15,5 à 20 % ;
- de la neutralité de repos debout : 17,5 à 23,6 % ;

— de la neutralité de travail à vide : 21,5 à 31 %, suivant la température.

En fonction de la température extérieure le rendement reste aux environs de 30 % pour des températures très basses de -15 à -5° , puis baisse régulièrement jusqu'à 22 % de -5 à $+20^{\circ}$, et reste ensuite à peu près stationnaire pour les températures supérieures.

b) Mais à côté de ces variations de rendement liées aux lois de la bioénergétique, il en existe d'autres en relation avec une meilleure adaptation des mouvements et des fonctions des divers appareils à un travail donné. C'est ainsi que le rendement varie en fonction de la puissance déployée ; il est d'autant plus bas que cette puissance est plus considérable : dans des expériences de LEFÈVRE, en faisant varier le travail de 30 ou 35.000 kgms à l'heure à 1.000 kgms, le rendement passe de 21 à 43 %.

Par contre, l'influence de la vitesse est inverse de la précédente ; pour porter une forte charge à une hauteur donnée, il y a économie à diviser cette charge en n parties et à faire n voyages pour la transporter dans le temps donné. Mais cette loi du fractionnement a évidemment des limites.

A cette étude de rendement se rattachent les nombreux travaux effectués en vue de déterminer les conditions dans lesquelles le travail musculaire est le plus économique, et il est impossible de ne pas citer au moins les noms de TAYLOR et d'AMAR.

En ce qui concerne la marche, par exemple, AMAR a montré que c'est en faisant 4.500 mètres par heure que l'homme en marche fait l'emploi le plus économique de ses ressources en énergie.

Enfin l'entraînement va modifier le rendement. C'est en effet à une économie de l'énergie dépensée pouvant aller jusqu'à 40 % qu'aboutit l'entraînement.

SCHUNBURG et ZUNTZ ont montré qu'après 13 jours d'entraînement un soldat ne dépensait plus pour un travail donné qu'une énergie égale à 100 calories, alors qu'au début le coût de ce travail était de 136.

BOIGEY donne les résultats suivants, chez un même sujet, avant et après entraînement ; la dépense énergétique est évaluée seulement par le CO_2 éliminé ; cette méthode, quoique imparfaite, permet cependant des comparaisons sur le même individu.

Les chiffres indiquent en centimètres cubes le CO_2 émis par seconde :

1° *Avant l'entraînement :*

au repos	3,32
après une marche de 4 kms....	12,8
après une course de 650 mètres	21,14
après un assaut de boxe (4')...	22,9

2° *Après deux mois d'entraînement :*

au repos	2,9
après une marche de 4 kms....	7,68
après une course de 650 mètres	11,11
après un assaut de boxe (4')...	13,81

Inversement nous rappelons une intéressante constatation faite par SCHNYDER (cité par LAMBLING) :

Chez un typhique qui, complètement rétabli, dépensait pour un certain travail une énergie égale à 100, cette dépense s'était élevée pendant la :

- deuxième semaine de convalescence à 240,
- de la troisième à la septième à 174-209,
- pendant la septième à 135, grâce à un exercice quotidien.

Cette expérience, qui eût été à l'abri de toute critique si l'énergie totale dépensée pour ce travail avait pu être appréciée avant la maladie, montre cependant de façon particulièrement frappante l'importance des variations que peuvent subir les dépenses énergétiques pour un même travail chez un même individu, en fonction de son état général ou de son degré d'entraînement.

5° TRAVAIL CÉRÉBRAL

Si le travail cérébral fait passer les questions de qualité bien avant les évidences quantitatives, il représente quand même un travail demandant une certaine somme d'énergie.

Le Professeur LÉON BINET et M. Georges DUHAMEL ont étudié cette question dans un rapport présenté à l'Académie de Médecine.

Le travail cérébral, comme l'ont montré de nombreux auteurs, détermine une augmentation des échanges respiratoires, donc un accroissement des combustions organiques.

GLEV trouve une légère augmentation de la température centrale. BENEDICT et CARPENTER une absorption d'oxygène accrue de 6%, CHLOPIN et OKUNESKY de 3 à 33 %, SYUSO MATUSIMA de 3 à 7 % chez l'homme et de 12 % chez la femme.

D'autres chercheurs ont envisagé le problème de la qualité de ce travail cérébral ; l'augmentation de l'absorption de l'oxygène est :

— pendant un travail mental aisé, de 1 à 4,4 % pour ILZOFE, et de 2 % pour ROSENBLUM ;

— pendant un travail mental fatigant, de 1,8 à 10,6 % pour ILZOFE, et de 2 à 5 % pour ROSENBLUM.

Cependant certains physiologistes (LAPICQUE) pensent que le moindre effort musculaire (et le travail cérébral est toujours accompagné de mouvements divers) dégage plus d'acide carbonique et absorbe plus d'oxygène que l'effort de la pensée.

C'est ainsi que SPECK, après avoir fait lire quelques pages d'un livre ardu, invite le sujet à tourner simplement les pages, en laissant vagabonder son esprit et trouve sensiblement le même accroissement des échanges dans un cas comme dans l'autre.

LAPICQUE (dans la discussion qui a suivi l'exposé de ce rapport) admet bien que l'activité des cellules cérébrales comporte comme toute activité cellulaire une consommation des réserves et des oxydations, mais que « les échanges gazeux correspondants, confondus dans l'ensemble de la respiration du corps entier n'en constituent qu'une fraction minime, dont les varia-

tions ne peuvent pas être saisies dans la mesure de cette respiration totale, pas plus peut-être que l'acide carbonique produit par les chauffeurs d'un paquebot ne pourrait être déterminé en analysant les gaz qui s'échappent des cheminées » ; de plus, le cerveau est actif chez un homme oisif se laissant aller à la rêverie, et le travail cérébral est bien plus une inhibition de la rêverie et des distractions qu'une suractivité.

Donc, si l'on considère la question sous l'angle alimentaire, on est amené à conclure que, théoriquement, un cerveau peut travailler sans supplément appréciable de nourriture; mais si un homme au repos peut vivre dans une inanition relative, celle-ci est incompatible avec le fonctionnement délicat du cerveau qui est lié à l'équilibre neuro-végétatif, lui-même fonction de nombreux éléments dont les aliments sont parmi les importants. Il est nécessaire pour que l'effort intellectuel ait le rendement qualitatif qui importe, que le travailleur qualifié qui fait cet effort soit mis dans les conditions optima d'hygiène et d'alimentation. (LAIGNEL-LAVASTINE)

Si donc la valeur globale de la ration et son équilibre ont une importance considérable dans le travail intellectuel, les dépenses énergétiques entraînées par cette forme d'activité ne peuvent que difficilement entrer dans un bilan énergétique et nous n'en tiendrons pas compte dans nos évaluations.

D. — COMMENTAIRES

A l'aide de tous les faits que nous venons de rappeler, peut-on répondre à la question posée, c'est-à-dire évaluer les différentes dépenses énergétiques et déterminer ainsi la marge disponible pour le travail musculaire ?

Admettons comme point de départ, par exemple, une ration de 2.600 calories nettes. Deux chiffres nous paraissent solidement établis :

— d'une part les 1.500 calories du métabolisme de base ; (1)

— d'autre part, les 2.250 calories de la dépense énergétique au repos.

La différence entre ces deux chiffres, soit 750 calories, servirait à couvrir :

— l'action dynamique spécifique, mais nous avons vu que dans les conditions habituelles on peut n'en pas tenir compte ;

(1) Le choix pour le métabolisme de base du chiffre le plus bas peut se justifier pour les raisons suivantes :

— il doit en effet être le plus voisin possible de l'énergie physiologique minima ;

— les chiffres plus élevés, obtenus habituellement, paraissent être en relation avec une technique imparfaite ;

— il permet, d'autre part, dans le raisonnement qui suit, de réserver la plus grande place possible aux dépenses disponibles pour le travail musculaire. Et nous verrons que, même dans ces conditions, celles-ci paraissent encore inférieures à la réalité.

— la marge de thermogénèse : admettons avec LAPICQUE 300 calories ;

— les petits mouvements musculaires de la journée coûteraient alors 450 calories, chiffre qui paraît très élevé.

Bornons-nous donc à constater qu'il existe entre la dépense au repos et le métabolisme de base une dépense de 750 calories qu'il est difficile d'attribuer avec précision à telle ou telle dépense.

Avec la ration de 2.600 calories, resteraient disponibles pour le travail musculaire :

$$2.600 - 2.250 = 350 \text{ calories.}$$

Ces 350 calories pourraient couvrir par exemple la dépense suivante :

— soit une marche de 8 km. 7....	350 C.
— soit une leçon d'éducation physique....	150 C.
plus une marche de 5 km.....	200 C.
Total.....	350 C.

Au moment du travail musculaire, une partie des 300 calories nécessaires à la thermo-régulation serait disponible, mais une partie seulement, car, pendant les heures de repos, la thermorégulation entraînerait une certaine dépense d'énergie qui ne serait plus couverte par l'excès de chaleur dégagée au moment du travail.

De toute façon, le travail musculaire que rendrait possible une telle ration, ainsi calculée, paraît nettement au-dessous de la réalité. Pourquoi ? Faut-il admettre que les chiffres donnés comme ration de repos soient nettement supérieurs aux besoins nécessaires ? Rien n'autorise à le supposer.

Peut-on faire intervenir une diminution de dépenses liée à l'abaissement de la ration ? Mais on ne peut dire qu'une ration de 2.600 C. soit fortement déficitaire.

Est-ce le rendement qui joue ? Nous avons vu qu'il peut varier dans d'assez larges limites, surtout grâce à l'entraînement. Mais l'économie d'énergie ainsi réalisée est bien difficile à préciser.

Doit-on penser alors que la dépense du travail musculaire s'ajoute non au métabolisme de repos, mais au métabolisme de base ? Il doit en être ainsi à certains moments.

Supposons, en simplifiant le problème le plus possible, une journée composée de :

- 8 heures de sommeil,
- 8 heures de repos,
- 8 heures de travail musculaire,

avec les données suivantes :

- ration : 2.600 calories,
- métabolisme basal : 1.500 calories,
- consommation au repos : 2.250 calories,

la dépense sera de :

— pendant les 8 heures de sommeil : $\frac{1500}{3} = 500 \text{ C.}$

— pendant les 8 heures de repos :

$$500 \text{ cal.} + \frac{750 \text{ cal.} \times 8}{16} = 875 \text{ cal.}$$

(500 calories de métabolisme basal et $\frac{750}{16}$ car les dépenses au repos en excédent du M. B. n'existent que pendant les 16 heures de veille.)

— si l'on ajoute à ces chiffres les 500 calories du M.B. pendant les 8 heures de travail :

$$500 + 500 + 875 = 1.875 \text{ calories,}$$

il restera en gros 730 calories motrices (au lieu de 350 dans le premier essai de calcul) qui correspondront à un travail mécanique de 74.000 kgms. C'est là un chiffre assez élevé et vraisemblable.

Donc, avec une ration de 2.600 calories nettes et en admettant ce raisonnement, qui n'est qu'une hypothèse, on disposerait de 730 calories pour le travail musculaire.

On voit par ces exemples combien il peut être difficile de calculer les dépenses énergétiques d'une journée entière. Si l'on songe à toutes les causes de variations des dépenses, que nous avons évoquées précédemment, on ne peut attendre de ces calculs que des résultats sinon illusoirs tout au moins très schématiques et n'indiquant que l'ordre de grandeur des phénomènes ; il ne semble pas qu'on puisse, dans l'état actuel de nos connaissances, établir à priori une balance exacte et utilisable en pratique, entre la valeur énergétique d'une ration alimentaire et l'exercice qu'elle permet d'effectuer.

D'ailleurs, dans la réalité, de nombreuses observations démontrent qu'une large marge de tolérance

semble séparer la ration physiologiquement normale de la ration nettement insuffisante.

Nous ne pouvons envisager ici, avec tous les développements nécessaires, la question des effets de la sous-alimentation sur la capacité fonctionnelle musculaire. Nous nous bornerons à citer quelques exemples de rations abaissées qui ne paraissent s'être accompagnées ni d'une diminution importante de la capacité physique, ni de troubles pathologiques évidents.

R.-O. NEUMANN a réduit sa propre ration alimentaire d'abord à 2.200 C., puis à 1.766 C pendant dix mois sans modifier ses occupations (travail de laboratoire) et en maintenant son poids à 70 kilos.

BENEDICT, en 1918, put soumettre pendant trois semaines 12 étudiants (dont la ration normale était de 3.200 à 3.600 calories avant l'expérience) à un régime net de 1.400 C. sans observer de troubles importants. Le poids, abaissé de 12 %, put se maintenir par un apport moyen de 1.950 C. A la fin de l'expérience, BENEDICT constata chez ces étudiants un abaissement net de la tension artérielle, un ralentissement de moitié du rythme cardiaque et une réduction de 25 % du métabolisme de base. Les dépenses énergétiques au cours d'une épreuve de marche furent inférieures pour les sujets à régime réduit à celles des sujets témoins.

En 1915, BENOIT, interné dans un camp d'officiers en Allemagne, put faire des recherches précises sur 78 officiers russes soumis à un régime relativement bien équilibré de 1.704 calories et à des dépenses énergétiques correspondant à celles du repos relatif (menus

travaux manuels et marche de 6 kilomètres environ en terrain plat). Après 16 mois, aucun prisonnier n'accusait de perte de forces et 61 % s'étaient maintenus en équilibre pondéral.

L. BARRIÈRE, actuellement interné en Allemagne, a pu nous fournir quelques renseignements précis sur la ration alimentaire donnée dans un groupe de Kommandos industriels soumis à une ration uniforme. Sans entrer dans le détail de cette ration, disons seulement que son taux moyen peut être évalué à 1.708 calories (chiffre curieusement proche de celui de BENOIT, établi en 1915). Cette ration est attribuée à des travailleurs manuels ordinaires fournissant un travail de 10 heures par jour. Les travailleurs de force reçoivent 80 gr. de pain et 25 gr. de viande en supplément par jour, ce qui porte leur ration à 2.150 C. Notons qu'aux rations ci-dessus il faut ajouter les envois de la Croix-Rouge et les colis individuels, dont il est assez difficile d'apprécier exactement l'apport supplémentaire. Dans de telles conditions, L. BARRIÈRE n'a constaté aucune modification de la morbidité de ces prisonniers.

H. GOUNELLE et R. MANDE ont procédé, à Paris, à des enquêtes alimentaires en mai-juillet 1941, sur 50 adultes des deux sexes, âgés de 20 à 50 ans, se livrant à un travail moyen. Les régimes étudiés atteignaient une valeur énergétique journalière de 1.764 calories et étaient relativement bien équilibrés. Ils attribuent à cet équilibre le fait qu'ils aient observé seulement un amaigrissement de 5 à 10 kilos, sans aucun trouble pathologique.

En somme, de ces diverses observations on peut conclure avec CODVELLE que « si l'on ne dépasse pas certaines limites, la diminution d'une ration énergétique bien équilibrée entraîne d'abord un amaigrissement transitoire qui permet à l'organisme d'ajuster son poids et son métabolisme à la ration qu'on lui fournit : si celle-ci n'est pas trop misérable, l'équilibre pondéral se rétablit, sans préjudice pour la santé générale, l'activité physique et intellectuelle des sujets. »

Pouvons-nous, des faits que nous venons de rapporter, déduire la valeur de cette « marge de tolérance » à la sous-alimentation ? Il paraît difficile de l'affirmer, car de nombreux facteurs viennent jouer et, en particulier, la réduction spontanée de l'activité physique (notons que dans la plupart des exemples que nous venons de citer le travail est « modéré »).

Par contre l'étude des animaux, et en particulier des animaux de course, peut nous fournir des résultats quasi expérimentaux sur les conséquences de la réduction de la ration en ce qui concerne le rendement sportif. L. TANON et P. DALIMIER ont rapporté de très intéressantes observations faites sur les chevaux et lévriers de course, et concluent :

« La ration d'entraînement est nécessairement très supérieure à la ration ordinaire et doit être au moins de l'ordre du double. Si cette ration ne peut être atteinte, les animaux de course ont une endurance beaucoup moins grande et on voit apparaître chez eux des troubles pathologiques multiples et variés. »

Il s'agit là, il est vrai, de conditions dans lesquelles on exige de l'organisme un effort maximum ; mais ces faits justifient, au moins, la plus grande prudence en ce qui concerne les « grands sports » ou les sports de compétition.

Mais le problème se présente également sous un autre aspect, non plus quantitatif, mais qualitatif : l'équilibre de la ration. C'est celui que nous allons maintenant envisager.

CHAPITRE DEUXIEME

Travail Musculaire et Composition de la Ration Alimentaire

(aspect qualitatif du problème)

Les diverses classes de substances nutritives ne sont pas capables d'entretenir le travail musculaire proportionnellement à leur chaleur de combustion dans l'organisme. L'équilibre de la ration alimentaire, a une importance sur laquelle il est inutile d'insister.

Dans quelle mesure cet équilibre intervient-il dans le travail musculaire? C'est ce que nous allons étudier maintenant en envisageant successivement les différentes substances constituant cette ration : protides, lipides, glucides, vitamines et certains éléments minéraux.

A. — PROTIDES

Quelle place doivent avoir les protides dans la ration alimentaire d'un sujet se livrant à un travail musculaire?

a) *La quantité* de protides nécessaire par jour, et généralement reconnue comme suffisante pour un adulte, est de 1 gramme par kilo corporel. C'est le chiffre que vient encore de rappeler tout récemment Madame RANDOIN.

Les besoins protéiques sont en effet toujours très faibles : la dépense d'entretien est infime ; d'après TERROINE elle ne dépasserait pas 3 gr. d'azote, soit 18 gr. 75 de protéine par jour chez un sujet de 70 kilos. Mais il va sans dire que lorsqu'il s'agit non plus d'adulte, mais d'enfants ou d'adolescents, en pleine croissance, cet apport azoté sera tout à fait insuffisant. On admet généralement dans ce cas, comme chiffre minimum, 2 gr. de protides par jour et par kilo corporel.

On sait, d'autre part, que certains auteurs (CHITTENDEN, BENEDICT, LUSCQ) ont pu l'abaisser à 0 gr. 75 et même jusqu'à 0 gr. 58 par kilo, mais il n'est pas sûr qu'une ration protéidique aussi faible puisse être maintenue longtemps sans inconvénient.

Y a-t-il avantage à l'augmenter ? La question semble bien actuellement tranchée par la négative, car tout excès de protides est rapidement brûlé et cesse d'être un aliment pur.

Or, en raison de l'action dynamique spécifique, les protides sont de mauvais combustibles puisqu'ils ne peuvent couvrir une dépense d'énergie avec leur valeur calorique totale que s'il s'agit d'une production de chaleur.

Dans les autres cas, et notamment pour le travail musculaire, il en faudra une quantité égale à 133 calo-

ries pour couvrir une dépense de 100 calories. Ces calories en excédent seront utilisées pour résister au froid si la température est inférieure à 17 ou 18 degrés, mais seront en excès s'il fait plus chaud et devront être éliminées par transpiration ou polypnée.

D'autre part, lorsque l'organisme dispose d'une quantité suffisante d'hydrates de carbone, les protides ne sont pas utilisés pour le travail musculaire. Rappelons les principaux arguments en faveur de cette hypothèse :

— Elévation du quotient respiratoire à 1, chiffre caractéristique de la combustion du glucose au cours de l'exercice.

— Expériences de CHAUVEAU sur la comparaison des sangs artériels et veineux d'un muscle en activité.

— Maintien à son taux de repos de l'excrétion azotée urinaire pendant le travail.

Ces faits ont été récemment confirmés par HEDON, qui a montré par une expérience poursuivie sur lui-même pendant un mois, qu'un travail musculaire intense (250.000 kgms par jour) peut être longtemps continué sans inconvénient avec une ration alimentaire n'apportant guère plus de 1 gr. d'albumine par kilo corporel.

TERROINE a donc pu dire : « Chaque fois que des protéines sont présentes dans la ration en une abondance telle qu'elles dépassent ce qui est nécessaire pour la satisfaction des besoins azotés spécifiques de l'organisme et qu'elles interviennent alors comme aliments énergétiques, leur utilisation est un double non-sens physiologique et économique. Dans toute alimentation

rationnellement conçue, l'apport protéique doit être limité à la quantité requise pour la satisfaction des seuls besoins azotés spécifiques de l'organisme. »

b) — A côté de ce besoin quantitatif en protides existe *un besoin qualitatif* lié à la nécessité pour l'organisme de recevoir les différents acides aminés qui lui sont indispensables et dont il ne peut faire la synthèse ; on en compte actuellement un minimum de 9 : valine, leucine, isoleucine, thréonine, méthionine, lysine, phénylalanine, tryptophane et histidine.

Sans entrer dans le détail de cette question qui, du point de vue travail musculaire, paraît d'ailleurs secondaire, nous citerons simplement les conclusions de TERROINE ; rappelant les expériences faites chez l'animal pour comparer la valeur des différents protides, il fait remarquer que les résultats obtenus sont valables pour l'homme, mais que les animaux d'expérience, à croissance rapide, à gestation abondante, sont beaucoup plus sensibles que l'homme à ces différences de qualité entre les protides. L'amplitude des écarts n'est pas la même.

Il admet donc que : « à de très rares exceptions près et qui n'ont aucun intérêt pratique, tous les mélanges protéiques présents dans les aliments naturels peuvent satisfaire tous les besoins de l'organisme, pourvu que la quantité en soit suffisante ».

D'autre part, les différences de qualité existant entre les différents aliments protidiques perdent de leur valeur par le jeu « de la supplémentation ». « L'addition à des protéines moyennes ou médiocres (certaines céréales

ou légumineuses) d'une proportion relativement faible de protéines d'une qualité supérieure, hausse la qualité des premières à la valeur des secondes. »

Le lait serait à ce point de vue particulièrement précieux ; il est en effet économiquement et physiologiquement l'aliment protéique de choix.

À cette question de la qualité des aliments protidi-ques se rattache celle si souvent et si passionnément débattue : quelles sont les meilleures albumines de travail, les albumines *animales* ou *végétales* ?

Les opinions des auteurs s'opposent, difficilement conciliables. Mais les partisans du régime végétarien gagnent du terrain, semble-t-il.

Citons en faveur du régime carné les constatations de SCHENK qui a observé les athlètes appartenant à 42 nations ayant pris part aux Jeux Olympiques de Berlin en 1936, et qui a constaté que dans le régime ordinaire de ces hommes figuraient en général 400 gr. de viande deux fois par jour. Ceci semblerait confirmer l'affirmation de Charles RICHET : « ... pour faire du muscle d'homme, rien ne vaut le muscle de bœuf. »

On peut d'ailleurs lui opposer celle de BOUCHARD : « ... on ne fait pas de travail avec de la viande. »

Sans aller jusqu'à affirmer que la consommation de la viande diminue le rendement, on peut admettre qu'elle n'est indispensable ni à la réparation aminée, ni à un travail physique intense.

HEDON, dans l'expérience citée précédemment, s'est alimenté uniquement avec des protéines végétales et a constaté sous l'influence de ce régime un accroisse-

ment net de la résistance à la fatigue ainsi qu'une récupération rapide de la force musculaire, confirmant ainsi l'opinion classique :

l'alimentation carnée permet un effort rapide, l'alimentation végétale un effort prolongé.

Habituellement le régime est mixte, et Madame RANDOIN admet que la répartition optima des protides est la suivante :

- 25 à 30 gr. de protides animales,
- 35 à 40 gr. de protides végétales
- pour un total de 70 gr.

D'ailleurs en cette question il faut tenir compte des *habitudes alimentaires* qu'il est difficile de modifier et dont il peut ne pas être sans inconvénient de s'écarter. SCHENK fait intervenir aussi la constitution : « Les sujets minces et asthéniques qui haïssent l'effort, n'aiment pas la viande ; au contraire, les sujets vigoureux en consomment avec un vif plaisir. »

B. — LIPIDES

La ration alimentaire doit comporter un minimum de graisses. Leur absence se traduit par un ralentissement important du métabolisme accompagné d'une « faim douloureuse » de corps gras.

Ce minimum est assez difficile à préciser. VOIT et PETTENKOFFER l'avait fixé à 50 gr. par jour. LUSK, STARLING, HALLIBURTON, estimant ce chiffre trop faible, admettent que 20 à 25 % de la ration calorique doivent

être couverts par des graisses. Madame RANDOIN (1941) fixe à 40 gr. le strict minimum de lipides nécessaires par jour à un adulte recevant une ration de 2.400 calories, à condition que cette ration de graisses soit couverte à la fois par des lipides naturels d'origine animale et par des lipides d'origine végétale.

Il importe en effet que la ration de lipides apporte une quantité suffisante des vitamines lipo-solubles A, D et E, et qu'elle contienne les acides gras non saturés nécessaires à l'organisme (acides linoléique, linolénique, arachidonique) groupés parfois, à tort, sous le nom de vitamines F.

En ce qui concerne le travail musculaire, les graisses sont une source importante d'énergie puisque leur coefficient calorique est égal à 9. Mais ce sont, comme les protides, de mauvais combustibles, à un moindre degré cependant. Ils ne sont en effet intégralement utilisés que pour couvrir des besoins caloriques. Pour toutes les autres dépenses, l'action dynamique spécifique joue et il faut 115 calories de lipides pour faire face à un besoin de 100 calories.

D'autre part, en utilisant des graisses comme source d'énergie, on charge l'organisme de poisons cétoniques par oxydation, à moins que cette ration ne soit riche également en hydrates de carbone.

Une ration alimentaire riche en graisses et pauvre en glucides diminue la capacité de travail. Voici, par exemple, le résultat obtenu par HANSEN sur trois sujets entraînés fournissant au cycloergomètre un travail de 1.080 kgms par minute : l'un d'eux avec un régime de

graisses a pu travailler 90 minutes, en déployant un effort de volonté considérable ; avec un régime hydrocarboné les deux autres ont travaillé pendant plus de 4 heures.

C. — GLUCIDES

Les glucides sont sans conteste le meilleur combustible de travail. C'est avec eux que travaille la cellule musculaire.

Les preuves de cette grande loi sont nombreuses. Nous en avons évoqué quelques-unes en étudiant les protides.

Les glucides sont également le combustible le plus économique, puisque l'isodynamie est totale pour le glucose, et que l'action dynamique spécifique ne joue que dans d'infimes proportions pour les autres substances hydrocarbonées. La ration de travail doit donc être essentiellement glucidique.

Le glycogène contenu dans les muscles suffirait théoriquement à l'accomplissement d'un travail dur pendant trois heures, les réserves du foie permettraient un travail supplémentaire d'une heure et demie (WEICHARDT).

H. DELAUNAY estime la réserve en glycogène de l'adulte à 500 grs. Cette réserve permettrait d'effectuer un travail de 312.500 kgms, soit une ascension à 4.400 mètres d'altitude pour un homme de 70 kgs.

A mesure que les réserves de glycogène s'épuisent, la combustion des graisses s'accroît pour la remplacer.

Et ce n'est qu'en cas de sous-alimentation grave que les protéines sont brûlées pour procurer l'énergie nécessaire.

Les expériences de CHRISTENSEN, KROGH, LINDHARD et HANSEN ont précisé ces faits classiques. Ces auteurs ont montré en effet par l'étude du quotient respiratoire que les graisses et les hydrates de carbone sont utilisés pendant le travail léger ou modéré et pendant la période de repos qui le précède à un degré presque égal, leur utilisation étant fonction des réserves disponibles. Un travail plus pénible entraîne la combustion croissante des hydrates de carbone.

Pour accomplir un travail pénible et de longue durée le régime qui précède le travail doit donc fournir beaucoup d'énergie sous forme d'hydrates de carbone. D'autre part, pour obtenir un rendement maximum il faut observer deux jours de repos afin de reconstituer complètement les réserves de glycogène, car l'ingestion de sucre, même en grande quantité, juste avant l'effort ou au cours de cet effort ne peut remplacer ces réserves en glycogène.

Ceci paraît en contradiction avec la notion courante et maintes fois vérifiée par tous ceux qui se livrent à des efforts musculaires que le sucre absorbé même en petites quantités au moment de l'effort augmente le rendement physique et diminue la fatigue. Notons que dans l'armée russe il était prescrit de distribuer aux hommes 100 grs de sucre pendant les marches forcées.

Et l'on pourrait citer à l'appui de cette opinion les résultats de nombreux expérimentateurs (SCHUNBURG et

HELLOTEN, KIPIANI, Mlle YOTEYKO, etc...). Certains auteurs cependant (CASSINIS, PAMPE, DURIG) n'ont pu obtenir une amélioration du travail musculaire après l'administration de sucre.

Ces contradictions sont manifestement liées aux variations du taux de la *glycémie* au cours du travail musculaire. C'est là tout un chapitre de physiologie du travail musculaire d'une grande complexité et que nous ne pouvons qu'effleurer. Nous retiendrons les faits suivants :

Un effort musculaire prolongé est susceptible d'entraîner une hypoglycémie telle, qu'elle peut contraindre à abandonner l'exercice en cours (BURGESS, DILL, TALBOTT).

Dans ce cas l'administration de sucre augmente la capacité de travail ; ce résultat n'est pas dû à l'augmentation du dépôt d'hydrates de carbone ou à la combustion de cette substance, mais uniquement au retour de la glycémie à sa valeur normale. Pour CRISTENSEN la fatigue doit être considérée comme un symptôme hypoglycémique d'origine nerveuse centrale.

BOJE a montré que l'hypoglycémie du travail apparaît beaucoup plus tardivement quand le sujet en expérience a eu une ration alimentaire riche en glucides dans les jours qui précèdent l'effort musculaire.

Il a montré, d'autre part, que chez des sujets entraînés la glycémie se maintient au niveau sensiblement normal pendant un effort moyen (1.200 kgms à la minute) poursuivi pendant une heure. Chez les sujets non entraînés, par contre, la glycémie baisse au cours du

travail ; cette tendance à l'hypoglycémie serait due pour une part à une plus grande consommation de glucides.

KESTNER, JOHNSON et LAUBMANN ont aussi constaté que le niveau de la glycémie, après 3 ou 4 heures d'exercice physique croissant, était beaucoup plus stable chez les sujets entraînés. On peut penser que l'entraînement a pour effet de permettre la mise en réserve d'une plus grande quantité de glycogène dans les muscles exercés, mais il est probable aussi que sous l'action de l'entraînement, l'utilisation du sucre se fait plus économiquement.

Y a-t-il enfin des sujets qui ont une tendance constitutionnelle à faire plus facilement de l'hypoglycémie ?

Ce fait semble bien actuellement démontré. L'« hypoglycémie spontanée » des cliniciens peut avoir comme origine quatre perturbations essentielles :

- production exagérée d'insuline,
- insuffisance fonctionnelle du système antagoniste (hypophyse et surrénales),
- insuffisance hépatique,
- fonctionnement défectueux du mécanisme régulateur nerveux (BICKEL).

KRAL et CABRERA-SANCHEZ (1934) admettent des variations parfois considérables à ce point de vue chez le même sujet. Pour ces auteurs, 25 % des individus environ, seulement, ont une régulation glycémique suffisamment parfaite pour ne présenter jamais d'hypoglycémie marquée.

Par ailleurs, des variations importantes de la glycémie à jeun chez des sujets non diabétiques ont été constatées par plusieurs auteurs : sur huit sujets P. MAURIAC, BROUSSET et DUPIN (1933) ont observé des oscillations atteignant chez l'un d'eux 0,34 ‰. NEUMARK (1930) en a noté de son côté pouvant aller jusqu'à 0,55 ‰ surtout chez des sujets à système végétatif hypersensible.

Il est évident que l'ingestion de sucre au cours des efforts musculaires est indispensable pour les sujets à glycémie instable.

Mais y a-t-il avantage à obtenir un taux de glucose dans le sang supérieur à la normale, pour le travail musculaire ? La question n'est pas tranchée.

Enfin il ne faut pas oublier que si l'on doit augmenter la ration de glucides des sujets fournissant un effort physique en proportion de cet effort, la ration doit comporter une quantité proportionnellement accrue de vitamine B.

D) VITAMINES

Les vitamines qui paraissent jouer le rôle le plus important dans le travail musculaire appartiennent au groupe des vitamines hydrosolubles. Ce sont les vitamines B¹ et C.

1° Vitamine B¹

Quelques travaux semblent montrer le rôle de la vitamine B¹ dans le travail musculaire en dehors de toute carence apparente, rôle que fait pressentir l'appar-

rition brusque d'un syndrome béribérique parfois constatée à la suite d'un effort physique intense chez les sujets en état de carence.

CSIK et BENCSICK (1927) étudiant l'action d'une préparation à base de vitamine B¹, l'« Arnéa », sur la capacité fonctionnelle de deux sujets ont conclu à son action favorable.

BOIGEY aurait obtenu de très bons résultats chez des athlètes, pendant les périodes d'entraînement intensif avec un mélange de vitamines B et E, préconisé par Simon STONE.

GOUNELLE (1940) aurait également constaté une augmentation de résistance à la fatigue, accompagnée d'une sensation particulière d'euphorie musculaire chez un certain nombre de coureurs ayant pris part au Tour de France cycliste de 1939 et auxquels de l'Aneurine était administrée régulièrement (deux à trois comprimés de 0,005 de vitamine B¹ par jour).

D'autre part, BALIETTI a étudié la capacité de travail musculaire au cours de l'avitaminose B. Il nourrit des pigeons avec un régime sans vitamine B et enregistre l'ergogramme de la musculature des pattes à l'aide d'excitations faradiques. Jusqu'à l'apparition des signes cliniques de l'avitaminose, la capacité de travail musculaire reste normale, puis elle s'abaisse rapidement. Des injections de vitamine B entraînent une augmentation passagère de la capacité de travail.

Par ailleurs, au cours d'une longue série de recherches sur le béribéri expérimental du pigeon, le Professeur MOURIQUAND a constaté que toute fatigue imposée

aux animaux carencés fait souvent apparaître des crises convulsives, et parfois la mort, qui ne surviennent que plus tardivement chez les pigeons carencés laissés dans leur cage. La fatigue, et particulièrement celle entraînée par le vol, apparaît bien dans ces cas, comme chez l'homme, comme un facteur de révélation d'une avitaminose B¹ restée jusque là cliniquement inapparente.

Cette « épreuve du vol » permet de révéler des déséquilibres nutritifs, quantitatifs ou qualitatifs, qui n'apparaissent pas spontanément (MOURIQUAND et COISNARD).

Comment expliquer ces faits ? Faut-il faire intervenir le rôle de la vitamine B¹ dans le métabolisme du glycogène ?

BICKEL et COLLAZO (1930), PI-SUNER et LISS (1930), AIDA (1931) ont montré expérimentalement que l'administration d'extraits de levure de bière entraînaient un accroissement considérable du glycogène dans le foie et dans les muscles.

Inversement, KINNERSBERG et PETERS (1930) ont constaté qu'une carence en vitamine B entraîne une augmentation du taux de l'acide lactique dans le sang et les organes ; PORRAZO (1937) a vu que la synthèse du glycogène par le foie à partir de l'acide lactique est diminuée quand il y a carence totale du complexe B. Or, EMBDEN et HAB ont constaté une teneur particulièrement élevée de glycogène dans le muscle des sportifs entraînés.

D'autre part, BRIEN (1939) étudiant le pouvoir empêchant de la vitamine B¹ vis-à-vis de la fatigue sur le muscle de grenouille isolé, a constaté que l'addition

de vitamine B¹ au liquide de perfusion provoque une diminution manifeste de la fatigue. Si la vitamine est seule ajoutée au liquide de RINGER, il en faut pour obtenir ce résultat des doses très supérieures aux quantités physiologiques qui ont, elles, une action nette si l'on ajoute des phosphates au liquide.

Enfin, CHAUCHARD (1941) a montré que la vitamine B¹ possède un pouvoir pharmacodynamique, en dehors de toute carence. Il a étudié les variations de l'excitabilité nerveuse par chronaximétrie chez des cobayes qui recevaient de l'aneurine par voie intrapéritonéale et a observé une variation diphasique de toutes les chronaxies, d'intensité différente suivant les doses injectées : la première phase se traduit par une diminution des chronaxies, correspondant à l'excitation des centres nerveux et peut s'observer seule si la dose de vitamine injectée est faible. CHAUCHARD compare cette action à celle de la strychnine et y voit l'explication de l'action thérapeutique de l'aneurine en dehors de toute carence.

Ceci permettrait d'expliquer les heureux effets de la vitamine B¹ sur le travail musculaire d'un organisme non carencé, effets dont à vrai dire, la réalité ne paraît pas absolument démontrée, car il est particulièrement difficile de juger de l'action d'une substance sur le travail musculaire en éliminant les autres facteurs de variations et notamment l'entraînement. D'autre part, les impressions subjectives des sujets en expérience n'ont qu'une valeur limitée.

Il n'est pas discutable qu'un taux normal de vitamine dans l'organisme soit nécessaire pour en obtenir le

rendement maximum (et on pourrait en dire autant de toutes les vitamines), mais il ne semble pas prouvé à l'heure actuelle qu'on puisse attendre d'un excès de vitamines un accroissement de la capacité fonctionnelle.

Il semble démontré cependant que l'organisme puisse constituer au moins en une certaine mesure des réserves de vitamine B. JARUSSOWA a constaté que la polynévrite apparaissait d'autant plus tardivement que l'animal avait reçu de plus fortes doses de vitamine B¹. LEONG a montré que chez le rat le maximum de mise en réserve de vitamine B¹ est atteint par l'ingestion quotidienne de 30 unités. L'administration de quantités plus importantes n'amène aucun bénéfice : si on injecte 250 unités sous la peau, 75 % sont éliminés par les urines. Les tissus les plus riches en réserve de vitamine B¹ sont le cœur et le foie.

Il faut noter, d'autre part, que le « plein vitaminique » doit être assez rarement réalisé, à l'heure actuelle surtout, et que l'administration de la vitamine B¹ peut avoir de ce fait des effets heureux.

2° Vitamine C

Le rôle de la vitamine C dans le travail musculaire paraît actuellement démontré.

Sur le muscle isolé de grenouille JURGENS-SIEVERS ont constaté que la présence d'une quantité optimale d'acide ascorbique dans le liquide d'immersion du muscle augmente sa résistance à la fatigue.

Mais ce sont surtout les recherches de GIROUD et RATSIMAMANGA prouvant l'interrelation entre l'hormone cortico-surrénale et l'acide ascorbique qui permettent semble-t-il, d'éclaircir le problème.

Ces auteurs ont constaté que chez des cobayes recevant des quantités de plus en plus faibles d'acide ascorbique, le glycogène et l'acide créatine-phosphorique diminuent progressivement tandis que l'acide lactique augmente. L'administration d'acide ascorbique provoque des modifications en sens inverse de ces substances.

Au cours de la carence en vitamine C la résistance à la fatigue va en diminuant, tandis qu'apparaissent, à côté des autres accidents, des symptômes tels que : œdèmes, fonte musculaire, adynamie, qu'on peut attribuer à une insuffisance surrénale.

Le traitement par la cortine améliore considérablement ou supprime ces symptômes.

Or, les dosages dans la surrénale de l'acide ascorbique (par réduction argentique) et de l'hormone corticale (sur les chromatophores de cyprins) montrent un parallélisme étroit entre les variations de taux de ces deux substances. La simple introduction d'acide ascorbique détermine l'augmentation immédiate de l'hormone corticale.

Ces faits prouvent qu'un niveau optimum de vitamini-sation est nécessaire dans la cellule corticale pour que celle-ci puisse remplir correctement sa fonction.

De plus il semble que l'acide ascorbique intervienne dans le mécanisme d'action de l'hormone au niveau même des divers tissus. L'adjonction d'acide ascor-

bique à la cortine augmente les effets de celle-ci : la résistance à la fatigue est doublée et le taux du glycogène dans le muscle est triplé.

Ces faits permettent de comprendre l'importance que peut avoir l'acide ascorbique dans le travail musculaire, sinon directement, du moins grâce à cette corrélation étroite avec le fonctionnement du cortex surrénal.

Peut-on en déduire que l'administration de vitamine C à un sujet normal aura des effets heureux, autrement dit qu'un excès de vitamine soit utile ? L'organisme ne peut, semble-t-il, faire des réserves de vitamine C (ROHMER, BEZSSONOFF et STOERR), cependant une bonne vitaminisation préalable assure une plus grande résistance à la carence en créant un meilleur état physiologique de l'organisme au départ (A. GIROUD, A.-R. RATSIMAMANGA et H. CHALOPIN).

Mais ne sait-on pas que bien souvent, même chez les individus en apparence normaux l'état de vitaminisation est insuffisant (CODVELLE, SIMONNET et MORNARD), et peut-être aussi la teneur de la surrénale en hormones (GIROUD). Le Professeur MOURIQUAND a attiré l'attention sur l'importance de ces états de précarance qui peuvent être à l'origine de ces fatigues printanières qui cèdent aux légumes et aux fruits (WEIL et MOURIQUAND), et de certaines insuffisances de résistance au travail.

On peut donc conclure qu'il sera toujours très utile de donner de l'acide ascorbique aux sujets à qui on va demander un travail musculaire.

E) SUBSTANCES MINÉRALES

A côté des vitamines se placent une série de substances minérales (calcium, phosphore, magnésium, fer, etc...) dont les *quantités* existant dans la ration et leurs *proportions* réciproques, ou avec les différents autres constituants, a une importance indéniable.

Etudier chacune d'elles nous entraînerait trop loin. Les tableaux ci-joints, récemment publiés par Mme RANDOIN, résument et chiffrent les quantités minima des principes nutritifs nécessaires et les rapports et équilibres normaux entre les différents constituants de la ration alimentaire.

F) ALCOOL

Nous ne pouvons nous étendre sur la question si controversée de l'alcool aliment.

Rappelons seulement, ainsi que vient de le faire le Professeur HERMANN que, si l'alcool peut économiser une certaine quantité de glucides pour couvrir les dépenses du métabolisme de base, il ne peut, malgré son haut pouvoir calorifique, apporter de chaleur réglable à l'homéotherme soumis au froid et il est incapable de faire les frais de la contraction musculaire.

Son rôle est de plus considérablement réduit par ses propriétés pharmacodynamiques et sa toxicité.

Il ne peut être utilisé par l'organisme qu'à la condition impérieuse que la quantité ingérée soit fractionnée, diluée, et reste dans les limites de 1 gr. par kilo corporel et par 24 heures.

**QUANTITÉS MINIMA DES PRINCIPES NUTRITIFS DEVANT ENTRER
DANS LA RATION ALIMENTAIRE. (2.400 calories)**

(Mme RANDOIN — Académie de Médecine : 22 Avril 1944)

ESPÈCES ALIMENTAIRES :

Protéines animales	30 grs	} 70 grs
Protéines végétales	40 grs	
Lipides d'origine animale	25 grs	} 40 grs
Lipides d'origine végétale	15 grs	
Glucides	420 grs	

SUBSTANCES MINÉRALES :

Soufre	1.200 mgr.
Phosphore	1.200 mgr.
Chlore	6.000 mgr.
Na	4.000 mgr.
K	3.200 mgr.
Mg	320 mgr.
Ca	840 mgr.
Fer	18 mgr. 000
Cuivre	2 mgr. 500
Zinc	20 mgr. 000
Manganèse	3 mgr. 000
Iode	0 mgr. 300

VITAMINES :

Vitamine C	70 mgr. 000
— B ¹	1 mgr. 500
— B ²	1 mgr. 500
Carotenoïdes	2 mgr. 500
Vitamine A	0 mgr. 500
— D	0 mgr. 003

Rapports et équilibres normaux entre les différents constituants de la ration alimentaire

(Mme RANDOIN — Académie de Médecine : 22 Avril 1941)

$\frac{\text{Protéines}}{\text{Glucides}}$	$= 0,16-0,24$	$\frac{\text{Vitamines C} \times 10^3}{\text{Calories totales}}$	≥ 25
$\frac{\text{Protéines animales}}{\text{Protéines végétales}}$	$= 0,6-1,2$	$\frac{\text{Vitamines B}_1 \times 10^6}{\text{Glucides}}$	≥ 3
$\frac{\text{Lipides animales}}{\text{Lipides végétales}}$	$= 1-3$	$\frac{(\text{Vitamines B}_1 + \text{B}_2) \times 10^6}{\text{Glucides}}$	≥ 6
$\frac{\text{Calcium} \times 10^3}{\text{Protéines}}$	$= 10-15$	$\frac{\text{Vitamines A} \times 10^6}{\text{Protéines}}$	≥ 5
$\frac{\text{Calcium}}{\text{Phosphore}}$	$= 0,6-0,8$	$\frac{(\text{Vitamines A} + \text{Carotén.}) \times 10^6}{\text{Protéines}}$	40-90 (a)
$\frac{\text{Calcium}}{\text{Magnésium}}$	$= 2-3$	$\frac{\text{Vitamine A} \times 10^6}{\text{Lipides}}$	≥ 8
$\frac{\text{Calcium}}{\text{Fer}}$	$= 40-60$	$\frac{(\text{Vitamine A} + \text{Carotén.}) \times 10^6}{\text{Lipides}}$	50-150 (a)
Acidité ou alcalinité	≤ 10 cc		
Acidité ou alcalinité pour 100 cal.	≤ 0 cc g	$\frac{\text{Vitamine D (en Y)}}{10} + \frac{\text{Ca}}{r} = 0,7-1,2$	

(a). — Ces chiffres supérieurs doivent être atteints si la ration ne peut renfermer assez de vitamine A.

Nous allons d'ailleurs retrouver l'alcool, non plus parmi les aliments, mais parmi les stimulants.

G) SUBSTANCES UTILISEES POUR ACCROITRE LE RENDEMENT PHYSIQUE

A côté de ces substances à propriétés alimentaires que nous venons d'étudier, il en existe toute une série d'autres qui rendent, ou paraissent rendre, le travail plus facile et accroissent le rendement fonctionnel. Il s'agit là d'un groupe de substances de nature et d'actions très différentes, dont BOJE a fait récemment une étude critique documentée.

Nous envisagerons, d'une part, un certain nombre de substances minérales, phosphates, alcalins et chlorure de sodium et, d'autre part, une série de produits médicamenteux qu'on a parfois groupés, à tort, sous le nom d'*antidéperditeurs*, dont l'emploi, au cours de l'effort musculaire est fréquent, et qui sont avant tout des excitants.

a) *Phosphates*:

Les travaux d'EMBDEN et de ses collaborateurs ont montré un accroissement général de 20 % du rendement physique après absorption de phosphates.

Il a expérimenté sur des soldats traînant des ergomètres freinés ou observés au cours de longues marches. Les phosphates étaient donnés sous forme de phosphates de soude acide (Recresal) à la dose de 5 à 7 grs par jour, 4 à 5 heures avant l'épreuve.

L'absorption de phosphates ferait naître une sensation subjective de fraîcheur ainsi qu'un entrain au travail allant jusqu'à l'euphorie. Afin d'éliminer l'influence de la suggestion, EMBDEN a distribué dans quelques expériences de l'acide tartrique à la place de phosphates.

HERXHEIMER a fait des expériences analogues sur des agents de police, avec des résultats identiques.

POPPELREUTER, de son côté, s'est livré à une longue expérimentation sur lui-même (3 à 20 grs de Récesal pendant des années). Il a constaté une amélioration nette de ses facultés psychiques et physiques lorsqu'il absorbait le produit.

L'action des phosphates s'exercerait principalement sur le système nerveux. Son innocuité en tout cas paraît démontrée. Des doses élevées entraîneraient seulement de l'insomnie et de la diarrhée.

b) *Alcalins :*

L'ingestion de sels alcalins (bicarbonate de soude, citrate de soude ou de potassium) entraînerait une augmentation de la capacité de travail de 30 à 100 % (DENNIG).

Peut-être faut-il voir là une confirmation des travaux de DILL qui a constaté que grâce à l'alcalose l'organisme peut avant d'arriver à l'épuisement, contracter une plus forte dette d'oxygène et accomplir un effort plus considérable que normalement.

Mais dans quelle mesure l'acide lactique ou la diminution de la réserve alcaline limitent-ils la capacité

fonctionnelle ? L'administration d'alcalins constitue par ailleurs une intervention brutale sur le Ph sanguin, la tension d'acide carbonique et la régulation respiratoire dont les conséquences resteraient peut-être à préciser.

c) *Chlorure de sodium :*

Le chlorure de sodium peut enfin, dans certains cas, avoir un heureux effet sur le rendement physique.

DERRICQ a constaté sur des travailleurs ruraux et des mineurs australiens obligés de fournir un effort physique intense dans une atmosphère chaude et humide que la plupart des symptômes de fatigue suraiguë (faiblesse musculaire, crampes, douleurs généralisées, perte de connaissance) étaient prévenus ou cédaient très rapidement par absorption d'eau salée à 2 %. Ces faits ont été confirmés par MOSS et HALDANE, et par les habitudes de certains sportifs.

Il est certain que des conditions bien déterminées doivent être réalisées pour qu'apparaissent de tels accidents (travail musculaire intense, température et tension de vapeur d'eau élevées), dont l'origine est peut-être liée à une perte importante de chlorure de sodium par une transpiration profuse.

On ne peut s'empêcher par ailleurs d'évoquer à ce propos l'action thérapeutique efficace du chlorure de sodium dans l'insuffisance surrénale.

Il y a là un moyen prophylactique et une thérapeutique de ces accidents de fatigue suraiguë, et peut-être aussi du coup de chaleur, qui n'est pas à négliger. Ce

procédé semble d'ailleurs avoir été utilisé dans l'armée russe, où, à l'occasion des marches forcées par temps chaud et humide, on faisait absorber aux hommes 8 à 10 gr. de sel.

d) *Stimulants* :

La liste des produits utilisés soit fréquemment, soit de façon exceptionnelle comme stimulants à l'occasion des efforts physiques est longue et, sans nous arrêter à des substances telles que l'éther, la nitro-glycérine, le chen-chen (JACOBSON), l'ibogaïne (WURMAN, RAYMOND-HAMET), ou le zetton, nous envisagerons seulement les plus importants d'entre eux :

1° *Alcool*. — Par ses propriétés pharmacodynamiques, l'alcool a une action incontestable sur l'activité physique. Absorbé à doses élevées et principalement sous forme de solutions concentrées, l'alcool diminue les aptitudes physiques. Pris à petites doses et au moment opportun, par contre, il est doué de propriétés stimulantes, car il atténue les symptômes d'inhibition et la sensation de fatigue. Mais cette action stimulante primitive est suivie d'une phase dépressive (HELLSTEN) ; de plus, l'activité musculaire, sous son influence, est plus maladroite (DURIG) et les efforts physiques accompagnés d'un élément psychique important (conduite d'automobiles, par exemple) sont défavorablement influencés (GRAF, TIGERSTEDT). L'alcool est donc un toxique dont il faut user prudemment et dont l'emploi pré-

sente, somme toute, plus d'inconvénients que d'avantages ; à rejeter en tous cas du domaine de l'éducation physique et des sports.

2° *Caféine*. — Absorbée à l'état pur ou sous forme de café, kola, thé ou chocolat, elle a une action certaine sur l'effort physique, grâce à ses propriétés pharmacodynamiques : excitation du centre respiratoire, accroissement de la puissance absolue du cœur, dilatation des vaisseaux coronaires, stimulation des fonctions psychiques, raccourcissement des temps de réaction. GRAF, par une expérimentation bien conduite, a montré la supériorité des préparations à base de kola sur toutes les autres préparations à base de caféine.

3° *Cocaïne*. — L'action « anti-fatigue » de cet alcaloïde est classique, action due à ses propriétés stimulantes (puis secondairement inhibitrices) sur le système nerveux : il se produit une exaltation psychique rapide, avec sensation de bien-être et la fatigue disparaît. L'anesthésie de la muqueuse stomacale supprime la sensation de faim.

4° *Coramine, Cardiazol* — Ces substances paraissent, elles aussi, pouvoir améliorer la capacité fonctionnelle, grâce à leur action sur le système nerveux (stimulation du centre respiratoire, de la réflectivité, pouvant aboutir à doses élevées à des états convulsifs), sur la circulation (excitation des centres vaso-moteurs, augmentation du volume minute du cœur) et sur le muscle (FISCHER, MADJARAKOFF).

5° *Benzédrine*. — C'est le type d'une série d'amines sympathicomimétiques désignées sous le nom d'« amines d'éveil » en raison de leur action sur la fatigue et le sommeil (Ortédrine, Aktédron, Pervitine, Kratedyn). Ces diverses substances ont toutes une action à type sympathicomimétique sur le système nerveux périphérique et sur les noyaux centraux ; elles stimulent les centres nerveux supérieurs et entraînent une diminution de la sensation de fatigue et une exaltation de l'ensemble des facultés psychiques et intellectuelles. Elles permettent, de ce fait, d'obtenir une prolongation du travail musculaire (SZAKALL). Mais leur emploi n'est pas toujours sans inconvénients et on peut voir apparaître, dans certains cas, des phénomènes d'excitation ou de collapsus.

Nous bornerons là l'étude de ces différentes substances en insistant à nouveau sur le fait que leur emploi n'est pas physiologique et que si certains efforts très intenses, sortant de la normale, peuvent peut-être les rendre nécessaires, leur utilisation dans l'éducation physique et les sports ne saurait être envisagée.

DEUXIÈME PARTIE

Rappelons comment dès le début de ce travail le problème s'est posé à nous.

Il consiste à chercher une réponse aux questions suivantes :

— Peut-on, à partir d'une ration alimentaire donnée, fixer l'importance du travail musculaire que cette ration permet d'effectuer sans porter atteinte aux réserves de l'organisme ?

— Peut-on, à partir d'une activité musculaire déterminée, fixer la ration alimentaire suffisante pour couvrir exactement les dépenses énergétiques qu'elle entraîne ?

L'étude théorique des différentes données du problème nous a fait apparaître les difficultés, sinon l'impossibilité, qu'il y a à répondre à ces questions d'une façon précise et utilisable en pratique.

Nous avons alors cherché à étudier les variations de l'équilibre métabolique, en fonction de leur activité physique, de sujets dont nous connaissions la ration alimentaire.

Dans ce but nous nous sommes adressé à une collectivité d'étudiants qui, vivant, pour la plupart, en internat, ont une ration alimentaire identique.

Leur activité physique permet de les classer en deux groupes nettement distincts :

— Les uns sont soumis uniquement à une éducation physique collective modérée,

— Les autres pratiquent en plus de cette éducation physique commune, des sports individuels ou d'équipe de façon suivie.

A titre de comparaison, nous avons réuni dans un troisième groupe ceux de ces étudiants qui, ne vivant pas en internat, ont un régime alimentaire différent. Leur activité physique moyenne est sensiblement la même que celle des deux premiers groupes réunis.

L'étude des courbes de poids des sujets appartenant à ces trois groupes nous a semblé la méthode la plus simple et la plus sensible à la fois, qui puisse nous permettre de vérifier s'il y avait équilibre ou déséquilibre entre la ration alimentaire et les dépenses énergétiques entraînées par les différentes activités physiques.

L'étude de ces courbes de poids a été complétée par les indications données pour chaque groupe par un certain nombre d'« indices de robustesse » et coefficients usuels.

Nous avons enfin recherché dans quelle mesure pouvait différer l'état sanitaire des sujets non sportifs et des sportifs.

Nous exposerons nos résultats en envisageant successivement :

— les conditions dans lesquelles se sont effectuées nos recherches ;

— l'activité physique et sportive des différents sujets et leur classement en deux groupes :

sujets sportifs à activité physique importante,

sujets à activité physique limitée à l'éducation physique collective ;

— les rations alimentaires.

Nous comparerons ensuite :

— les courbes de poids des sujets des trois groupes ;

— les indications données pour chaque groupe par les indices usuels ;

— l'état sanitaire du groupe des sujets sportifs et du groupe des sujets non sportifs.

CHAPITRE PREMIER

Conditions Générales de nos recherches

Notre étude porte sur 179 étudiants suivis médicalement d'octobre 1940 à juin 1942.

Il s'agit d'étudiants en médecine âgés de 21 à 26 ans, venant de toutes les régions de France, quelques uns de l'Afrique du Nord. Recrutés par concours, ils subissent avant leur admission à l'Ecole du Service de Santé un examen médical soigneux qui ne retient que les candidats bien constitués et exempts de tares organiques.

Nos recherches ont été effectuées à l'occasion des examens de contrôle médico-physiologiques que subissent périodiquement, chaque semestre, les élèves de l'Ecole.

Ces examens pratiqués conformément aux prescriptions du règlement d'instruction militaire sportive (tome IV : rôle du Médecin Militaire), comprennent un certain nombre de mensurations (poids, taille, périmètre thoracique, périmètre abdominal, capacité vi-

tales) et d'épreuves fonctionnelles (épreuve de maximum d'apnée volontaire, réactions cardio-vasculaires à l'effort).

Nous avons complété ces observations par les résultats des pesées mensuelles auxquelles réglementairement sont astreints tous les élèves.

Nous ne nous sommes basé que sur les examens de 179 sujets, bien que le nombre des élèves de l'E. S. S. soit plus important ; nous avons en effet limité nos recherches aux deux promotions 1938 et 1939 ; elles portent ainsi sur des sujets suivis depuis un temps assez long pour que, d'une part, leur activité physique ait pu être assez exactement appréciée, et que, d'autre part on ait pu faire remonter le départ de leur courbe de poids à l'année 1939.

Nous avons classé ces sujets en trois catégories suivant leur activité physique et leurs rations alimentaires :

— 144 des élèves examinés vivent en internat et sont donc soumis à un régime alimentaire commun dont nous avons pu établir le bilan. Ces élèves se répartissent en deux groupes aux activités physiques nettement différentes :

- Groupe A : 97 élèves soumis uniquement à une éducation physique collective modérée.
- Groupe B : 47 élèves pratiquant en plus de cette éducation physique commune des sports d'une façon suivie.

— 35, d'autre part, vivent dans leurs familles à Lyon ; ils ont dans l'ensemble les mêmes activités que leurs camarades de l'E. S. S., mais le même régime que les étudiants civils. Nous les avons réunis dans le groupe C.

Nous avons essayé également de partager ce groupe en sportifs et non sportifs, mais si la comparaison de ces deux sous-groupes nous a donné quelques résultats intéressants, il ne nous a pas été possible de faire cette distinction pour l'établissement de la courbe des poids ; le nombre des sujets entrant dans chacun de ces sous-groupes est en effet peu important et les écarts individuels trop sensibles. La proportion des sportifs est sensiblement la même (10 sportifs, 25 non sportifs), dans le groupe C d'externes que dans les groupes A. et B. d'internes réunis.



CHAPITRE DEUXIEME

Activité Physique et Sportive

Avant d'indiquer l'organisation de l'éducation physique à l'E. S. S. et de comparer l'activité physique des deux groupes de sujets que nous avons établis, il nous paraît utile d'étudier rapidement la stature moyenne des élèves de l'Ecole, pour les raisons suivantes :

- nous pourrons ainsi les situer dans la jeunesse française,

- la valeur des performances physiques est en partie est en partie fonction de la stature ;

- enfin nous aurons ultérieurement, à propos de l'étude des poids et pour l'établissement des différents indices, à utiliser cette donnée anthropométrique.

a) *Stature moyenne :*

Tous les auteurs sont d'accord pour indiquer le chiffre de 1 m. 65, à un centimètre près, comme représentant la taille moyenne des adultes en France. A partir de 1 m. 70 les sujets sont considérés comme étant de grande taille, et de petite taille au-dessous de 1 m. 65.

Sur 179 élèves de 21 à 26 ans (la taille prise pieds nus, talons touchant le montant de la toise, menton ramené vers le cou ; la taille assise prise du siège au sommet de la tête), nous avons trouvé les chiffres suivants :

	Taille debout	Taille assise
chiffre moyen	172 cm. 5	90 cm.
— maximum	187 cm. 5	98 cm.
— minimum	158 cm.	83 cm.
— le plus fréquent..	167 cm.	88 cm.

il y a donc prédominance nette de sujets de grande taille. Résultat qui concorde avec les conclusions de MESSERLI après une étude plus détaillée sur les mensurations des étudiants des Universités suisses : « les étudiants présentent un allongement de la stature au détriment des autres dimensions corporelles ».

D'autre part, chez nos sujets, une comparaison entre des mensurations prises à un an d'intervalle ne nous a montré que quelques très rares variations (4), ne dépassant jamais un centimètre. Leur croissance paraît donc terminée. Il semble d'ailleurs, d'une manière générale, que la période de croissance est actuellement raccourcie. Elle finissait auparavant à 23-25 ans (TANDLER), elle se termine maintenant à 17 ans chez les filles, à 19-20 ans chez les garçons (WROCZINSKI).

Bien que la mesure de la taille assise, critiquée d'ailleurs par VIOLA, soit au point de vue anthropométrique assez infidèle, par suite de la variabilité de la couche adipeuse fessière et du degré de redressement plus ou moins accusé de la lordose lombaire

(Mlle SIMONNET), elle nous a servi à calculer le rapport de MANOUVRIER, c'est-à-dire le rapport de la longueur des membres inférieurs (S) à la taille assise ou buste (B),

S

soit —. Il est en moyenne pour la jeunesse française

B

actuelle égal à 0,90 à partir de 20 ans ; de 0,86 à 0,94 les sujets sont dits mesoskeles (jambes moyennes), au-dessus de 0,94 : macroskeles, et au-dessous de 0,86 : brachyskeles (NOBECOURT). Nous avons pu ainsi classer nos sujets en :

Mesoskeles 60 %

Macroskeles 31 %

Brachyskeles 9 %

en fait l'écart avec le chiffre moyen de 0,90 s'est révélé faible, il est compris entre $\pm 0,05$ et $\pm 0,10$; il s'agit donc de macroskelies et brachyskelies légères. Ceci concorde avec les résultats trouvés par NOBECOURT dans la Jeunesse parisienne.

L'étude de ces mensurations dans chaque groupe nous a donné pour chacun, des moyennes presque identiques.

b) *Education physique.*

Un après-midi par semaine est consacré en toutes saisons par tous les élèves de l'E. S. S. à l'éducation physique, au Stade Municipal, dès les premiers beaux jours, ou au gymnase de l'Ecole en hiver.

Chaque séance comprend deux parties :

— une leçon d'éducation physique de 45 minutes inspirée de la méthode d'HÉBERT, en parcours varié ou sur plateau ;

— les élèves se répartissent ensuite, suivant leurs préférences, aux différents appareils (agrès, haltères, piste, sautoir, etc...)

Les séances sont dirigées par des moniteurs et animées par des élèves ayant fait des stages à l'Ecole d'Instruction Militaire Sportive du Hameau, à Pau.

Une surveillance médicale très attentive est assurée par un médecin spécialement chargé de l'éducation physique et des sports. En particulier les élèves dont la pesée mensuelle a révélé un amaigrissement de plus de deux kgs sont dispensés des exercices physiques pendant un mois.

Là se borne l'activité physique des 97 sujets du groupe A, du moins d'une manière habituelle, car beaucoup d'entre eux pratiquent épisodiquement des sports variés : ski, tennis, natation, cheval, bicyclette, etc...

c) Sports :

Par contre, les 44 sujets que nous avons réunis dans le groupe B pratiquent, en plus de cette éducation physique commune, des sports individuels ou d'équipe de façon active et suivie.

Si leur activité physique est modérée par leurs études, elle est dans l'ensemble très notablement supérieure à celle de leurs camarades.

Pour situer la valeur sportive et physique de ces sujets, signalons que certains font partie de l'équipe de football de l'E. S. S. qui a remporté le Championnat de France Universitaire (z. n. o.), et a été finaliste de la XIV^e Division Militaire en Championnat et en Coupe. D'autre sont joueurs dans l'équipe de rugby finaliste du Championnat de la XIV^e Division et demi-finaliste du Championnat de France Universitaire. Ce groupe comprend aussi l'équipe d'escrime qui s'est classée seconde dans le Championnat entre les Grandes Ecoles et qui compte dans ses rangs un tireur classé premier et un autre classé second aux Championnats Militaires (catégorie Aspirants). Enfin, entre aussi dans ce groupe le champion de France Universitaire de saut en hauteur avec 1 m. 75, le champion de France Universitaire du 1.200 mètres steeple, et un coureur de l'équipe de cross-country, champion de France Universitaire.

Voici d'autre part les moyennes, pour chaque groupe, des résultats d'épreuves physiques subies en juin 1942.

	Groupe A	Groupe B
	(97 non sportifs)	(47 sportifs)
— 100 m. (<i>sans pointes</i>)		
temps moyen :	13" 4/5	13"
meilleur temps :	12" 3/5	12"
— 1000 m.		
temps moyen :	3' 40"	3' 25"
meilleur temps :	3' 05"	2' 51"
— saut en longueur		
<i>avec élan, 3 essais</i>		
moyenne :	4 m. 25	4 m. 65
maximum :	4 m. 75	5 m. 70
— saut en hauteur		
<i>avec élan, 3 essais</i>		
moyenne :	1 m. 20	1 m. 30
maximum :	1 m. 35	1 m. 75
— lancer à droite		
moyenne :	6 m. 30	7 m. 35
maximum :	8 m. 25	10 m.
— lancer à gauche		
moyenne :	5 m. 50	6 m. 50
— grimper		
<i>corde de 9 m.</i>		
moyenne :	3 m.	4 m. 50
maximum :	7 m. 50	8 m. 50

L'examen de ces moyennes fait ressortir une différence nettement en faveur du groupe B. Elle paraît peu importante, mais on doit tenir compte du fait que nous comparons des moyennes auxquelles on ne peut demander des écarts aussi importants qu'entre des résultats individuels. Il faut, d'autre part, tenir compte surtout du fait qu'il s'agit de résultats d'épreuves pour lesquelles les sujets du groupe B ne se sont pas plus entraînés en cours d'année (sauf pour deux ou trois spécialistes de l'épreuve dont les résultats sont notés, mais n'ont pas été utilisés pour l'évaluation des moyennes), que leurs camarades du groupe A qui pratiquent de leur côté régulièrement l'éducation physique.

CHAPITRE TROISIEME

Bilan Alimentaire

Nous envisagerons successivement la ration alimentaire des élèves vivants en internat (groupes A et B) et celle des élèves externes (groupe C).

a) Pour les premiers, une enquête soigneuse (1) a été poursuivie à ce sujet du 5 au 19 mai 1941.

Le Service de la Défense a fourni pour chaque journée la liste des denrées livrées à la consommation, pesées lorsqu'il y avait lieu après parage et épluchage. La valeur énergétique de chaque denrée a été établie en calculant à l'aide du tableau 1 de l'Instruction du 6 novembre 1930, le nombre de calories correspondant aux quantités consommées. Lorsqu'il y avait lieu, cas du lait écrémé, par exemple, les rectifications nécessaires ont été apportées.

Le total des chiffres obtenu, divisé par le nombre de rationnaires a donné la valeur énergétique moyenne de

(1) Nous remercions M. le Médecin en Chef de Première Classe HUGONOT et MM. les Médecins de Première Classe DUVAL et GREGOIRE qui ont effectué cette enquête et ont bien voulu nous en communiquer les résultats.

la ration par sujet et par jour. Voici, à titre d'exemple du travail effectué les relevés numériques d'une journée (14 mai 1941).

Le nombre des repas délivrés est de 1.234 pour la journée, correspondant à un effectif de 617 rationnaires. (A cette date l'E. S. S. constituait avec l'Ecole Polytechnique un ordinaire commun.)

ALIMENTS	POIDS en KILOGS	VALEUR CALORIQUE de base pour 100 gr.	CALORIES
Bœuf	129	149	192.984
Riz	12	342	41.040
Lentilles	30	321	96.300
Huile	1	850	8.500
Graisse	7	850	59.500
Pain	277	244,5	677.265
Café	5,26	40	2.104
Sucre	9,87	380,7	37.576
Sardines	9,6	221	21.216
Choux	219	28	61.320
Salade	60	12,5	7.500
Dattes	69	250	172.500
Lait	140 L.	38,2	53.500
Vin	308 L. 5	58,2	178.930
TOTAL.....			1.610.229

nous aboutissons donc à une ration alimentaire de 2.609 calories par individu et par jour. Pour les 15 jours de l'expérience, la moyenne journalière a été de 2.652 calories.

Nous avons pu vérifier que depuis cette époque la ration s'était maintenue autour de cette moyenne.

Notons cependant que quelques suppléments ont été accordés depuis Janvier 1942 qui la font osciller entre 2.600 et 3.000 calories depuis cette date.

La répartition des principes alimentaires, d'autre part, a été calculée à l'aide du même tableau I. Pour les protides et les lipides la distinction a été établie entre les aliments d'origine animale et végétale.

Nous ne pouvons entrer dans les détails de la répartition journalière entre protides, lipides et glucides, indiquons seulement leur évaluation dans le calcul des rations individuelles moyennes des quinze jours d'expérience.

Calories : 2.652

Protides :	95 gr. = 15 %	dont	{ 40 % origine animale
			{ 60 % — végétale
Lipides :	47 gr. = 7,8 %	—	{ 59 % — animale
			{ 41 % — végétale

Glucides : 465 gr. = 77 %

On voit par l'examen de ces chiffres, en les rapprochant de ceux donnés par Mme RANDOIN et cités dans la première partie de notre travail que cette ration est dans l'ensemble convenablement équilibrée.

La richesse en vitamines (A, B¹, B², C, D, E) des substances alimentaires utilisées a été appréciée qualitativement en tenant compte des indications fournies par MARTEL au nom de la Commission du Rationnement de l'Académie de Médecine.

La teneur en vitamines s'est montrée, dans l'ensemble, satisfaisante.

Il n'a pas été perdu de vue que les calculs ci-dessus indiqués n'avaient de signification et de valeur que dans la mesure où les aliments livrés à la consommation étaient de bonne qualité. Des prélèvements fréquents ont été effectués et soumis à l'analyse chimique.

Cette ration, relativement élevée pour la période actuelle, et bien équilibrée, représente cependant un déficit de 30 % environ sur l'alimentation assurée, avant la période des rationnements par l'ordinaire des corps de troupe et celui de l'Ecole en particulier.

b) *Ration alimentaire des élèves externes :*

Ces élèves, vivant dans leurs familles, sont soumis au régime commun de la population civile. Nous avons calculé la valeur calorique de cette ration sur les mêmes bases que celles qui ont servi à établir la valeur calorique de la ration de l'Ecole.

Les quantités quotidiennes allouées à un adulte de 21 à 70 ans, au début de 1942, représentent la valeur énergétique suivante :

ALIMENTS	POIDS en GRAMMES	VALEUR CALORIQUE de base pour 100 gr.	CALORIES
Pain	275 gr.	244,5	660
Viande	26 gr.	149,6	39
Matières grasses	15 gr.	850	128
Fromage	7 gr.	400	28
Sucre	17 gr.	380	65
TOTAL			946

ces 946 calories sont allouées aux adultes ayant la carte A.

Ceux possédant la carte T reçoivent en supplément :

Pain	75 gr.	244,5	180
	TOTAL		1.126

des calories supplémentaires proviennent du vin (en moyenne 150 gr., soit 60 calories), des pommes de terre (en moyenne 130 gr., soit 117 calories), et de divers légumes non rationnés : choux, navets, bettes, salade, tomates, etc... dont la valeur calorique varie de 10 calories pour 100 gr. de bettes à 50 calories pour 100 gr. de carottes, ce qui représente une moyenne de 300 calories pour les personnes qui peuvent obtenir un kilo de légumes frais par jour.

La valeur calorique des fruits frais qui peuvent venir s'ajouter à cette ration va de 30 calories pour 100 gr. de melon à 91 calories pour 100 gr. de raisin ; une livre de fruits frais par jour représenterait donc en moyenne 300 calories.

Un consommateur aisé peut ainsi arriver à une moyenne de 1.723 calories s'il a la carte A, de 1.903 calories s'il a la carte T.

Ces résultats théoriques concordent avec les résultats de l'enquête effectuée de mai à juillet 1941 par H. GOUNELLE et R. MANDE dans des familles parisiennes relativement aisées (familles de sous-officiers) ; ils avaient abouti à une ration moyenne de 1.764 calories.

Nous devons surtout remarquer que ce déficit global s'accompagne :

— d'une déficience particulièrement marquée pour les graisses et les protéines,

— d'un déséquilibre par prédominance des hydrates de carbone (rappelons, comme l'a récemment souligné le Professeur MOURIQUAND (P. M. 20-10-42) que ce déséquilibre favorise le jeu des diétotoxiques, l'alcool en particulier voit sa toxicité s'accroître chez les sujets sous-alimentés) ;

— d'une avitaminose qui, d'après le calcul de l'apport en vitamines de la ration allouée, porte principalement sur la vitamine A, mais la précarité ou la carence inapparente existe aussi pour les autres vitamines (MOURIQUAND) ;

— d'une carence en Ca due à la présence dans le pain noir et les pommes de terre, qui tendent à devenir la base de l'alimentation, d'un excès d'acide phosphorique sur le Ca (MORHARDT) ;

— d'une diminution par le blutage, de 26 % de la charge du pain en hydrates de carbone (M.-N. FIESSINGER explique ainsi l'amaigrissement du paysan ayant par ailleurs une alimentation normale) ;

— d'un excès de cellulose dû au blutage élevé et aux produits végétaux qui entrent pour une large part dans l'alimentation actuelle (cet excès de cellulose entraînerait, en raison de la digestion défectueuse qu'il produit, des pertes dans l'assimilation de la ration protéique (MANGOLD).

Nous considérerons donc que la ration calorique journalière des élèves externes est de l'ordre de 1.700 à 2.000 calories (il nous faut en effet tenir compte de ce que la carte T leur a été épisodiquement accordée depuis 1942) qu'elle présente un certain déséquilibre et des carences.

CHAPITRE IV

Etude des Variations Pondérales des sujets des différents groupes

Nous avons envisagé ces variations pondérales de deux façons différentes :

— en comparant d'abord les résultats des pesées des sujets de chaque groupe avec les poids moyens donnés comme normaux pour les individus de l'âge et de la taille de nos sujets,

— puis en étudiant les variations de poids dans le temps ; nous avons d'une part comparé les poids des sujets relevés en décembre 1940 et ceux relevés en juin 1942 ; d'autre part, nous avons tracé la courbe des variations pondérales de chaque groupe, de décembre 1940 à juin 1942.

a) — *Comparaison des poids de nos sujets au mois de juin 1942 avec les poids moyens donnés comme normaux.*

Nous avons utilisé dans ce but le tableau de Thomas W. Wood donné par BIGWOOD dans « Directives pour les

enquêtes sur la nutrition des populations ». Il tient compte de l'âge et de la taille et indique pour les sujets de 21 à 25 ans les chiffres suivants arrondis :

<u>TAILLES</u>	<u>POIDS</u>
1 m. 60	58-59 kgs
1 m. 65	61-62 kgs
1 m. 70	65-66 kgs
1 m. 75	70-71 kgs
1 m. 80	73-74 kgs

Nous avons recherché pour chaque sujet l'écart entre son poids en juin 1942 et les chiffres donnés ci-dessus et nous avons établi pour chaque groupe la moyenne des écarts ; dans ces conditions les poids sont inférieurs à ces chiffres de :

2.200 grs pour les internes sportifs,
5.500 grs — — non sportifs,
6.400 grs — les externes.

Ces résultats nous montrent l'écart important entre les poids actuels de nos sujets et ceux qu'ils devraient sensiblement présenter. Ils nous montrent aussi, entre les différents groupes, une gradation des pertes de poids que nous allons retrouver par la suite.

b) — *Etude des variations pondérales entre les chiffres relevés en décembre 1940 et ceux relevés en juin 1942.*

Nous envisagerons d'abord les résultats faisant ressortir l'influence de l'activité physique par comparaison des chiffres obtenus pour les groupes A et B,

puis les résultats nous permettant d'opposer l'influence de l'alimentation, en comparant les chiffres obtenus pour les groupes A et B réunis et le groupe C.

Nous avons calculé pour chaque groupe les proportions des sujets ayant gagné ou perdu du poids, ou restés stationnaires ; nous avons en outre relevé les moyennes des gains et des pertes de poids dans ces mêmes groupes.

Les chiffres suivants vont nous permettre d'apprécier les variations pondérales des sujets en fonction de leur activité physique, l'alimentation étant la même pour tous :

	Groupe A (non sportifs)	Groupe B (sportifs)
Ont gagné du poids.....	20 %	19 %
Sont stationnaires	4 %	17 %
Ont perdu du poids.....	76 %	64 %
Moyenne des gains de poids	+ 1 kg 880	+ 1 kg 070
Moyenne des pertes de poids	— 3 kg 300	— 2 kg 800

L'étude de ces chiffres permet de constater :

— que la grande majorité des sujets a maigri, les sportifs en moins grand nombre que leurs camarades (64 % contre 76 %) et d'une façon moins importante (500 gr. de moins) ;

— que le nombre des sujets ayant gagné du poids est faible, et sensiblement le même pour chaque groupe (20 % environ), mais parmi ceux-ci, les sportifs ont moins gagné que leurs camarades (800 grs de moins) ;

— enfin que le nombre des sujets stationnaires est supérieur de 13 % en faveur des sportifs qui, par ailleurs, se rapprochent plus que les non-sportifs de cet équilibre pondéral ; nous venons en effet de voir que les sujets du groupe B qui se sont écartés de cet équilibre, soit en perdant, soit en gagnant du poids, l'ont fait d'une manière moins importante que ceux du groupe A.

Les résultats suivants nous permettront d'apprécier l'influence de l'alimentation (2.600 à 3.000 calories pour les groupes A et B réunis, contre 1.700 à 2.000 calories pour le groupe C), l'activité physique étant sensiblement la même :

	Groupes A et B (internes)	Groupe C (externes)
ont gagné du poids.....	20 %	5 %
sont stationnaires	8 %	2,5 %
ont perdu du poids.....	72 %	92,5 %
moyenne des gains de poids	+ 1 kg 640	(1)
moyenne des pertes de poids	— 3 kg 140	— 4 kg 160

Nous pouvons déduire de ces résultats que les sujets soumis au régime de 1.700 à 2.000 calories ont presque tous maigri, sinon tous, car on peut admettre que les sujets ayant gagné du poids (2) ont eu la possibilité d'améliorer leur ration calorique d'une manière sensible (l'un d'eux a gagné 7 kilos !).

(1) Le nombre des sujets, 2, est trop faible pour établir une moyenne.

Si nous essayons de subdiviser le groupe C des externes en non sportifs (C¹) et sportifs (C²), et si nous considérons les moyennes des pertes de poids, nous constatons que ce sont les sportifs qui ont le plus maigri : ils ont perdu 4 kgs 830 contre 3 kgs 200 pour ceux du groupe C¹.

Ces résultats nous montrent que pour une ration calorique de 1.700 à 2.000 calories, l'activité physique de nos sujets sportifs, dont nous avons établi l'ordre de grandeur par ailleurs, paraît jouer un rôle inverse de celui qu'elle joue pour une ration de 2.600 calories. Rappelons en effet qu'avec la ration de 2.600 calories au minimum, la moyenne des pertes de poids des sportifs avait été de 500 grammes inférieure à celle des non-sportifs, alors qu'ici, avec la ration de 1.700 à 2.000 calories, c'est la perte de poids des non-sportifs qui est inférieure de 1 kg 600 à celle des sportifs.

c) — *Etude des courbes de poids depuis décembre 1940 à juin 1942.*

Nous avons enfin établi des courbes de poids afin de mieux mettre en évidence les résultats exposés au paragraphe précédent.

Nous avons estimé que le procédé le plus simple pour obtenir ces courbes était de considérer chaque groupe comme un individu, gagnant du poids lorsque la différence entre les sommes des gains et des pertes de poids des sujets composant le groupe était positive, perdant du poids lorsque cette différence était négative, restant stationnaire lorsqu'elle était nulle. Nous

avons donc dans chaque groupe établi la somme algébrique des variations pondérales des sujets qui le composaient, et divisé cette somme par le nombre de sujets du groupe considéré. C'est cette moyenne algébrique des variations de poids que nous avons reportée sur notre courbe.

La courbe ci-jointe donne, ainsi calculée de décembre 1940 à juin 1942, les variations pondérales de chaque groupe.

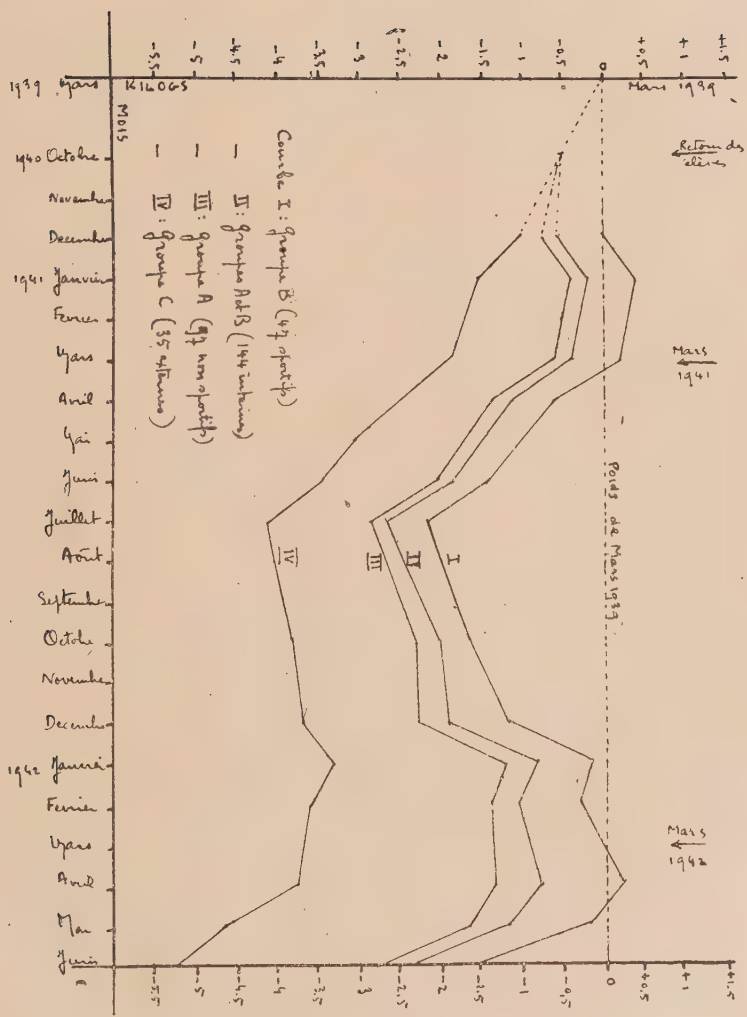
Les mois sont portés en abscisses, les poids en ordonnées, le zéro des poids indiqué en ordonnées correspond au poids moyen calculé pour les trois groupes réunis en mars 1939. Les courbes partent donc de ce point.

L'examen de ces différentes courbes nous permet de faire les constatations suivantes :

— l'allure générale est la même pour toutes ces courbes, et paraît liée aux variations saisonnières ; nous trouvons en effet le maximum en hiver et au début du printemps, le minimum en été, ce qui correspond aux données apportées par de nombreux auteurs cités par WROCZYNSKI.

Nous avons pu d'ailleurs établir, pour une période antérieure à 1939 une courbe de poids qui présentait la même allure générale. Nous pouvons penser, d'autre part, que la chute de poids particulièrement nette de juin-juillet est peut-être aussi en rapport avec la période des examens.

Si maintenant nous comparons les courbes I (groupe B) et III (groupe A) correspondant à des sujets



ayant un même régime alimentaire mais des activités physiques différentes, nous constatons que les sujets sportifs ont une courbe de poids toujours supérieure à celle des sujets non sportifs, et que cette courbe oscille autour de la ligne des poids moyens de mars 1939. Il suffit pour s'en rendre compte de comparer les points de la courbe correspondants aux mois de mars 1939, 1941, 1942.

Par contre, pour les sujets non sportifs, la courbe de poids s'abaisse progressivement :

— écart de 0 kg 500 en mars 1941 ;

— écart de 1 kg 250 en mars 1942.

Si l'on compare ensuite la courbe II (groupes A et B réunis) et la courbe IV (groupe C) qui traduit les répercussions du taux de la ration alimentaire, nous constatons :

— l'écart pondéral entre les élèves soumis au régime de 2.600 calories et les élèves soumis au régime de 1.700 à 2.000 calories est important et s'accroît nettement pour atteindre 2 kg 750 en juin 1942.

Par rapport à la ligne des poids moyens de mars 1939 les écarts sont les suivants :

	Mars 1941	Mars 1942
Groupes A et B (courbe II)	0 kg 400	0 kg 600
Groupe C (courbe IV)	1 kg 850	3 kg 600

A noter que le poids perdu par les élèves externes pendant l'été 1941 ne semble pas avoir été récupéré pendant l'hiver 1941-1942.

Nous pouvons donc résumer ainsi les constatations que nous a permis de faire l'étude de ces différents poids :

1° L'ensemble des sujets que nous avons examinés a maigri depuis décembre 1940, et, à plus forte raison depuis 1939. Cet amaigrissement est très marqué chez les élèves externes (groupe C), dont nous avons pu évaluer approximativement la ration alimentaire à 1.700-2.000 calories (92,5 % ont maigri depuis décembre 1940 et leur perte de poids moyenne est de 4 kg 160). Les élèves internes (groupe AB), dont la ration alimentaire oscille autour de 2.600 calories, et entre 2.600 et 3.000 depuis quelques mois, ont par contre vu leur poids diminuer dans des proportions nettement plus faibles (72 % d'amaigrissements avec perte moyenne de 3 kg 140).

Ces constatations, qui n'ont d'ailleurs rien de surprenant, sont à rapprocher de celles de Mme RAMBAULT, FONROGET et ORSSAUD faites sur 160 étudiants de Montpellier. Ces auteurs ont noté, de décembre 1940 à mai 1941, un amaigrissement général qui ne dépasse pas 2,50 % en moyenne (c'est-à-dire environ 1 kg 750 pour des sujets de 70 kilos). La chute pondérale leur a semblé d'autant plus importante que les sujets étaient initialement plus gros. Nos chiffres sont dans l'ensemble comparables aux leurs, pour cette période.

2° Parmi les sujets soumis au même régime alimentaire (groupe AB), il existe une différence nette entre les élèves non sportifs et les élèves sportifs. Ces derniers, malgré une dépense énergétique nettement plus

importante que leurs camarades, ont, dans l'ensemble, un poids qui s'est maintenu plus proche de celui de 1939. Les variations de ces poids sont en outre moins amples. On peut donc dire que les sujets sportifs sont restés sensiblement en équilibre métabolique bien que leur ration ait été réduite de 30 % environ depuis 1939.

Mais il ne faut pas oublier que les adultes jeunes entre 20 et 30 ans doivent normalement augmenter de poids (d'environ 500 grammes par an d'après Th. D. Wood) ; cette stabilisation de leur poids représente donc en réalité un léger amaigrissement.

C'est là une nouvelle confirmation des faits constatés avant 1939 par le Professeur LATARJET sur une classe d'enfants débiles et choisis parmi les plus mauvais élèves, dans une école primaire de filles d'un quartier ouvrier de Lyon. Le remplacement de deux heures de classe par deux heures de sport et d'hygiène a entraîné pour ces enfants une amélioration très rapide de l'état sanitaire, des changements de caractère très appréciables et des résultats intellectuels surprenants. « En l'espace de 10 mois, au point de vue poids, les élèves de la classe de santé ont, en effet, augmenté de 500 à 3.000 grammes ; la taille a augmenté de 2 à 4 cm. ; tandis que dans la classe parallèle l'augmentation de poids n'a pas dépassé 2.000 grammes et l'augmentation de taille 3 cm. » Cette expérience s'est prolongée pendant plusieurs années avec des résultats toujours aussi probants.

Comment peut-on expliquer ce privilège des sportifs, en apparence paradoxal ?

On pourrait penser, et c'est une cause d'erreur qui ne nous a pas échappé, que ce moindre amaigrissement des sportifs n'est que le résultat soit d'une ration effectivement supérieure à celle de leurs camarades, par suite d'apports alimentaires d'origines diverses, soit d'une économie volontaire des efforts physiques autres que ceux nécessités par leur entraînement sportif (alliée peut-être à un plus grand nombre d'heures de sommeil et à une diminution des efforts intellectuels).

Notre enquête ne nous a permis de retenir aucun fait qui puisse étayer cette objection.

Faut-il alors admettre que le poids de ces sportifs ne s'est pas abaissé parce que s'ils perdaient des réserves graisseuses leurs efforts musculaires méthodiques aboutissaient à une hypertrophie de leurs masses musculaires ? On sait, en effet, que ce sont là des phénomènes de constatation courante au cours de l'entraînement. Mais on peut objecter à cette hypothèse que les sportifs que nous avons étudiés sont des sportifs confirmés, pratiquant le plus souvent les sports depuis plusieurs années, donc plus ou moins stabilisés dans leur condition physique.

Il semble donc que l'on doive faire intervenir avant tout une meilleure adaptation de l'organisme tout entier à l'effort, aboutissant à un meilleur rendement et surtout à une économie de l'énergie dépensée à l'occasion des efforts physiques, et nous avons vu dans la première partie de ce travail que cette économie pouvait être importante. Ce n'est là qu'une hypothèse, vraisemblable, mais qu'aucun fait précis ne nous permet, dans le cas particulier d'appuyer.

Quoiqu'il en soit, nos constatations prouvent une fois de plus, nous semble-t-il, les heureux effets de l'entraînement physique sur l'organisme. Mais, et nous ne saurions trop insister sur ce point, ces résultats ont été obtenus dans les conditions précises suivantes : il s'agit de sujets adultes, bien constitués physiquement et en bonne santé, dont la ration alimentaire n'a été réduite que dans des proportions modérées (30 %) et atteint un minimum de 2.600 calories, avec un équilibre et une vitaminisation suffisantes. D'autre part, leur profession n'exige pas de nos sujets de gros efforts musculaires et leur entraînement est soigneusement réglé. Enfin, ils sont soumis à une surveillance médicale attentive.

Il est certain que si une ou plusieurs de ces conditions n'est pas remplie, la pratique des sports et surtout des sports de compétition, exigeant des individus un effort maximum, pourrait avoir de graves conséquences.

Nous n'en voulons pour preuve que les constatations que nous avons faites sur les sportifs ne disposant que d'une ration de 1.700 à 2.000 calories : leur perte de poids a dépassé nettement celle de leurs camarades non sportifs.

Et ce serait là une justification, s'il en était besoin, des conseils de prudence exprimés avec tant d'insistance, par les différents rapporteurs qui ont étudié, à l'Académie de Médecine, ce difficile problème.

CHAPITRE V

Comparaison de quelques Indices de "Robustesse"

Il nous a paru intéressant de calculer, pour les sujets de chaque groupe; un certain nombre d'indices de « robustesse » ou de coefficients, parmi les plus couramment utilisés pour apprécier soit la robustesse, soit l'état de nutrition des sujets, et de vérifier de cette manière si les indications qu'ils apportent justifiaient notre classement des sujets en trois groupes, ou si nous pouvions retrouver dans ces résultats le reflet soit de la différence d'activités physiques, soit de la différence d'alimentation.

Nous avons ainsi établi pour tous les sujets, en juin 1942, les indices suivants : segment anthropométrique (P/T), Pignet, Ruffier, Spehl, Pelidisi. Nous avons établi pour chacun des groupes les moyennes de ces indices qui figurent dans le tableau suivant :

D'après l'échelle proposée par BESSON, pour des sujets de 20 à 30 ans :

Au-dessous de — 10	surcharge graisseuse.
— 10 à + 10	constitution très vigoureuse,
+ 11 à + 20	constitution forte
+ 21 à + 25	constitution moyenne
+ 26 à + 30	zone limite,
+ 31 à + 35	médiocre
+ 35	nettement mauvais

nous pourrions dire que les groupes A et B sont composés de sujets de constitution moyenne et que le groupe C est dans la zone limite.

C. — *Indice de Ruffier.*

Il se formule : $R - E$.

R = différence entre le périmètre thoracique xyphoïdien en inspiration forcée et le périmètre abdominal moyen.

E = différence entre la taille (en cm.) au-dessus du mètre et le poids en kg.

Les chiffres peuvent s'interpréter ainsi :

20 — 25	athlétique
15 — 20	très fort
10 — 15	fort
5 — 10	moyenne
0 — 5	faible
au-dessous	très faible

d'après cet indice nos sujets du groupe B sont « forts », ceux du groupe A et ceux du groupe C « moyens ». L'écart entre les sportifs et les non-sportifs est bien marqué.

D. — *Indice de Spehl.*

Il est donné par le rapport du poids (P) à la taille (T) multiplié par la capacité vitale (CV) :

$$Q = \frac{P \times CV}{T}$$

et permet d'apprécier la valeur de la constitution d'un sujet.

Elle est excellente au delà de 1.500, moyenne entre 1.000 et 1.500 et médiocre au-dessous de 1.000.

Cet indice traduit bien la différence entre les sujets sportifs et non sportifs et surtout il nous semble peu influencé par l'état de nutrition des sujets. Il nous paraît donc être un bon indice de robustesse.

E. — *Pelidisi :*

$$\text{Pelidisi} = \sqrt[3]{\frac{P \times 10}{H}}$$

ce quotient est voisin de 100. Un quotient supérieur à 100 indique une surnutrition ; un quotient inférieur à 94,5 révèle une sous-nutrition. Cet indice nous indique un état de nutrition sub-normal pour les sujets du groupe A et du groupe C, mais ne nous semble pas les différencier suffisamment.

En résumé les indications apportées par ces divers indices justifient notre classement des sujets en trois groupes, car leur valeur diffère nettement d'un groupe à l'autre.

La « robustesse » plus grande des sportifs (groupe B) est bien traduite par les indices de Spehl, Ruffier et Pignet, mais ces deux derniers sont également influencés par la corpulence des sujets, et il devient difficile d'apprécier l'intervention de chacun de ces deux facteurs.

Les répercussions de l'alimentation sur la corpulence des sujets apparaissent nettement dans les indices P/T, Pignet, Ruffier, bien moins nettement dans le Peldisi. L'indice P/T nous a paru traduire le plus facilement et le plus fidèlement la corpulence de nos sujets.



CHAPITRE VI

Etat Sanitaire

Nous avons enfin recherché s'il existait une différence de morbidité entre les élèves sportifs et non sportifs.

On pouvait penser, en effet, qu'en raison de la réduction relative de la ration alimentaire et du surcroît d'effort physique qu'ils s'imposaient, les sportifs pouvaient payer à la maladie un plus lourd tribut que les non sportifs.

On pouvait encore se demander si, au contraire, plus résistants que leurs camarades aux maladies infectieuses ou autres, cette diminution de la morbidité ne serait pas compensée chez eux par un plus grand nombre d'indisponibilités dues à des accidents sportifs.

Nos recherches ont porté sur les entrées à l'infirmerie et à l'hôpital des malades et accidentés provenant des groupes A et B pendant les années 1940-1941-1942.

Notons tout d'abord que pendant cette période l'état sanitaire de l'Ecole a été particulièrement bon, jamais la morbidité des élèves n'a été si faible et le chiffre des indisponibilités aussi peu élevé.

Comparant la morbidité chez les sportifs et les non sportifs, nous avons tout d'abord constaté qu'il s'agissait dans les deux cas de maladies et d'accidents semblables (angines, bronchites, rubéoles, gripes, oreillons, entorses, plaies superficielles, deux fractures de jambes également réparties dans chaque groupe) et qui entraînaient des indisponibilités de même durée.

C'est ainsi que :

— 3,8 % des sportifs ont été hospitalisés pour accidents contre 3,4 % des non sportifs.

— 16,6 % des sportifs ont été hospitalisés pour maladies contre 22 % des non sportifs.

Ainsi les accidents ne nous ont paru ni plus graves ni plus fréquents chez les sportifs qui, à en croire cette statistique forcément limitée, semblent moins sujets aux affections médicales banales.

La morbidité des élèves externes ne nous a pas paru différente de celle des élèves internes, malgré la réduction plus importante de leur ration alimentaire. °

CONCLUSIONS

I. — Il semble théoriquement possible d'établir une relation précise entre la valeur énergétique d'une ration alimentaire et le travail musculaire qu'elle permet d'effectuer. On sait, en effet, déterminer les dépenses entraînées par un exercice physique ; connaissant la valeur calorique de la ration alimentaire, le rendement du moteur humain et les dépenses de l'organisme autres que l'exercice considéré, on peut déterminer si la ration permet de couvrir les dépenses de cet exercice, sans que les réserves de l'organisme soient touchées.

On aboutit, à l'aide de tels calculs, à des chiffres dont l'ordre de grandeur paraît correspondre à la réalité, mais les facteurs de variations des dépenses sont si nombreux et si importants que ces calculs paraissent sinon illusoires, du moins difficilement utilisables en pratique.

II. — La composition de la ration alimentaire, son équilibre, sa teneur en vitamines ont une importance indiscutable sur le rendement physique. Par ailleurs, un

certain nombre de substances minérales et de stimulants peuvent prolonger ou rendre plus facile l'effort musculaire, mais leur emploi est, le plus souvent, à déconseiller.

III. — L'étude des courbes de poids est incontestablement la méthode la plus simple et la plus sensible à la fois, qui permette de vérifier s'il y a équilibre ou déséquilibre entre la ration alimentaire et les dépenses énergétiques entraînées par les différentes activités physiques.

Les variations de poids, de décembre 1940 à juin 1942, en fonction de leur activité physique, de groupes de sujets dont nous connaissions les rations alimentaires, nous ont permis de constater que :

— l'ensemble des sujets a maigri depuis décembre 1940 ; cet amaigrissement très marqué chez les sujets ayant une ration de 1.700 à 2.000 calories (92,5 % d'amaigrissement avec une perte de poids moyenne de 4 kgs) est évidemment plus faible mais existe aussi chez ceux ayant une ration de 2.600 à 3.000 calories (72 % d'amaigrissement avec une perte de poids moyenne de 3 kgs).

— parmi ces derniers sujets il existe une différence nette entre les non sportifs et les sportifs qui malgré une dépense énergétique plus importante sont restés sensiblement en équilibre pondéral, bien que leur ration ait été réduite de 30 % depuis 1939 ;

— la morbidité, faible sur l'ensemble de nos sujets, n'a pas été plus élevée chez les sportifs que chez les non sportifs.

IV. — La comparaison des résultats donnés par les différents indices étudiés (P/T, Pignet, Ruffier, Spehl, Pelidisi) nous a montré que l'indice de Spehl nous traduisait particulièrement bien les répercussions des différences d'activités physiques et l'indice P/T celles entraînées par des rations alimentaires différentes.

V. — Nos résultats ont été obtenus dans les conditions précises suivantes :

Il s'agit de sujets adultes, bien constitués physiquement et en bonne santé, dont la ration alimentaire n'a été réduite que dans des proportions modérées (30 %) et atteint une moyenne de 2.600 à 3.000 calories avec un équilibre et une vitaminisation suffisantes. Leur profession, d'autre part, n'exige pas d'eux de gros efforts musculaires et leur entraînement est soigneusement réglé. Ils sont enfin soumis à une surveillance médicale attentive.

Il est certain que si une ou plusieurs de ces conditions n'étaient pas remplies, la pratique des sports et surtout des sports de compétition exigeant des individus un effort maximum pourrait avoir de graves conséquences. Nous n'en voulons pour preuve que les constatations faites sur les sportifs ne disposant que d'une ration de 1.700 à 2.000 calories ; leur perte de poids a dépassé nettement celle de leurs camarades non sportifs.

Ce serait là une justification des conseils de prudence exprimés avec tant d'insistance par les différents rapporteurs qui ont évoqué devant les membres de l'Académie de Médecine ce difficile problème.

Mais, dans les conditions où nous nous sommes placé, nos constatations prouvent une fois de plus les heureux effets sur l'organisme de l'entraînement physique dont une des conséquences essentielles est une meilleure adaptation à l'effort musculaire qui est accompli plus économiquement.

Vu :

LE DOYEN,
Jean LEPINE.

Vu :

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,
LATARJET,

Vu et permis d'imprimer : -

LYON, le 12 Novembre 1942.

LE RECTEUR,
PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,
GAU.

BIBLIOGRAPHIE

- ACTIVITÉS D'ÉDUCATION GÉNÉRALE. — Instruction. (Archat, Lyon, 1941, I).
- AIDA H. — (*Biochem. Z.*, 1931, 237, 347.)
- AYKROYD (W.-R.). — Régime alimentaire et revenus minimes. (*Bull. Trim. Org. Hyg. S. D. N.*, 1933, 2, p. 141.)
- BALIETTI L. — (*Bull. Soc. Méd. Chir. Modena*, 1927, 28, p. 29.)
- BENEDICT F.-G. — Effets physiologiques d'une réduction prolongée du régime alimentaire expérimentée sur 25 sujets. (*Bull. Scient. d'Hyg. Alim.* 1918, 6, p. 422.)
- BENOIT A. — L'alimentation restreinte des prisonniers de guerre en Allemagne, envisagée en particulier au point de vue de la ration minimum d'azote. (*Bull. Soc. Scient. d'Hyg. Alim.* 1918, 6, 593.)
- BENOIT F. — L'alimentation et les sports. (*Thèse Paris*, 1929.)
- BICKEL. — (*Arch. des Mal. de l'appareil dig.*, 1940, p. 951.)
- BICKEL A. et COLLAZO I.-A. — (*Biochem. Z.*, 1930, 221, p. 295.)
- BIGWOOD E.-J. — Directives pour les enquêtes sur la nutrition des populations. Organisation d'hygiène de la S. D. N. (Genève 1939.)
- BINET L. — La ration alimentaire du travailleur manuel. (*Ac. Méd.* 1940, p. 757.)
- et DUHAMEL G. — La ration alimentaire et le travail cérébral. (*Ac. Méd.* 1941, p. 355.)
- B. I. T. — L'alimentation des travailleurs et la politique sociale. (Genève, 1936, n° 23.)
- BOIGEY M. — Manuel scientifique d'éducation physique. (Masson, 4° éd. 1939.)
- L'entraînement. (Masson 1942.)
- BOJE O. — Le « doping », étude sur les moyens utilisés pour accroître le rendement physique en matière de sports. (*S. D. N. Bull. trim. Org. d'Hyg.*, 1939, p. 472.)
- (*Skand. Arch. Phys.*, 1936, 74, Suppl. n° 10.)
- BONNARDEL R. — La ration alimentaire en fonction du travail humain. (1938, 6, p. 64.)

- BOURLET. — Nouveau traité de bicycles et de bicyclettes. (Masson 1898.)
- BRIEN H.-J. — (*Pflugers Arch.* 1939, 242, p. 450.)
- BURGESS G. — (*J. Am. Méd. Assoc.*, 1925, 85, p. 508.)
- BURNET E. et AYKROYD W.-R. — L'alimentation et l'hygiène publiques. (*Bull. Trim. Org. d'Hyg. S. D. N.*, 1935, 4, p. 327.)
- CATHCART E.-P. — Alimentation du travailleur industriel (B.I.T., *Hyg. du Travail*, Genève 1927, n° 99.)
- CHAUCHARD P. — Recherches sur l'action nerveuse des vitamines. (*Ac. des Scienc.*, 19-1-42.)
- Action des vitamines B¹ et E sur l'excitabilité neuromusculaire chez l'animal en dehors de toute carence. (*Ac. Méd.*, 25-3-41.)
- CHRISTENSEN E.-H. et HANSEN O. — L'hypoglycémie, la capacité de travail et la fatigue (*Skand. Arch. Phys.*, LXXXI, 172-179, 1939.)
- CHRISTENSEN H., KROGH A. et LINDHARD. — Recherches sur l'effort musculaire intense. (*Bull. Trim. Org. d'Hyg. S. D. N.*, septembre 1934, p. 407.)
- CODVELLE. — La sous-alimentation collective en temps de guerre. (*Rev. Serv. Santé Milit.*, 1937, 2, p. 3.)
- SIMONNET et MORNARD. — (*P. Méd.*, 26-11-38, n° 95.)
- CSIK L., et BENCsik J. — (*Klin. Woch.*, 1927, 6, 2.275.)
- DELAUNAY H. — L'équilibre glycémique. (*Biol. Méd.*, 1934, 24, p. 342.)
- DENNIG H. — L'exaltation artificielle de la capacité du travail physique. (*Arch. Exp. Path. Pharmac.*, 1940, 195, 258-75.)
- DERRIK E.-H. — (*The Med. J. of Australia*, 10-11-34.)
- DILL D.-B. — Economy of muscular exercise. (*Phys. Rev.*, 1936, 16, 263.)
- (*J. Biol. Chem.*, 1932, 97, LVIII.)
- DURIG A. — (*Pflugers Arch. Phys.*, 1906, 113, p. 341.)
- EMBDEN G. et HABS H. — (*Hoppe Seylers Z.*, 1937, 171, p. 16.)
- (*Hoppe Seylers Z.*, 1921, 113, p. 67.)
- FIESSINGER N. — L'amaigrissement actuel. (*Ac. Méd.*, 6-10-42.)
- FISCHER M.-N. — (*Med. Klinik.*, 1936, I.)
- GAUTIER H. — L'alimentation et les régimes chez l'homme sain et chez les malades. (Masson, 1904.)
- GIROUD A. et RATSIMAMANGA A. — Connexions entre l'hormone cortico-surrénale et l'acide ascorbique (*Paris Méd.*, 1940, p. 356.)

- Interrelation entre l'hormone cortico-surrénale et l'acide ascorbique. (*Ac. Méd.*, 8-4-41.)
- RATSIMAMANGA A. et CHALOPIN H. — Existe-t-il des réserves en acide ascorbique. (*C. R. Soc. Biol.* 28-2-42.)
- GOUNELLE H. — Action de la vitamine B¹, vitamine musculaire dans l'activité physique. (*Soc. Méd. Hop. Par.*, 26-4-40.)
- Déficit en vitamine B¹ de certaines rations alimentaires courantes. (*Soc. Méd. Hop. Par.*, 1940, p. 257.)
- et MANDE. — Précisions sur la ration alimentaire d'un groupe de familles parisiennes, de Mai à Juillet 1941. (*Bull. Ac. Méd.*, 18-11-41.)
- GRAF O. — (*Arb. Physiol.*, 1932, 6, 169.)
- De l'action spécifique de la cola sur l'efficiencce physique. (*Arb. Phys.*, 1939, 10, p. 376-95.)
- HÉDON L. — Les rations alimentaires hypoazotées peuvent-elles entretenir un travail musculaire intense et prolongé ? (*La Médecine*, XI, 13, 1930, p. 710.)
- Travail musculaire et ration d'albumine (*Arch. Soc. des sciences méd. et biol. de Montpellier et du Languedoc Méditerranéen*, 1927-28, p. 172.)
- HELLSTEN A.-F. — (*Skand. Arch. Physio.*, 1904, 16, 139.)
- HERBST R. — Sport und arbeit in « Körper und Arbeit » Handbuch der arbeits Physiologie de Atzler. (*Leipzig Georg. Thienne*, 1927.)
- HERMANN. — Données physiologiques sur la valeur substitutive de l'alcool dans la ration alimentaire. (*Lyon-Méd.*, 6-7-41.)
- HERXEIMER H. — Grundniss der Sport Medizin (*Leipzig Georg. Thienne*, 1933.)
- (*Munchener Med. Wochenscher*, 1922.)
- JACOBSON M. — Sur l'activité plus grande du Chen-Chen synthétique. (*Congr. international de médecine appliquée à l'éduc. physique et aux sports*, Chamonix 1934, 2, p. 92.)
- JARUSSOWA. — (*Z. Vitaminforsh*, 1937, 6, 98.)
- JURGEN-SIEVERS. — (*Pflugers Arch.*, 1939, 242, 725.)
- KESTNER, JOHNSON et LAUBMANN. — Glykogen und Muskel-training. (*Pflugers Arch.*, 1931, 227, 539.)
- KINNERSLEY et PETERS. — (*Biochem. J.*, 1929, 23, p. 1.126 et 1930, 24, p. 711.)

- KRAL et CABRERA-SANCHEZ B. — Influence du sucre et de l'insuline sur le travail musculaire. (*Congr. international de médecine appliquée à l'éduc. physique et aux sports*, Chamonix 1934, 2, p. 97.)
- LAMBLING F. — Précis de biochim. (Masson, 3^e éd., 1925.)
- LANDOUZY L. et LABBE H. et M. — Enquêtes sur l'alimentation d'une centaine d'ouvriers parisiens. (Paris, 1905.)
- et LABBE H. et M. — L'alimentation rationnelle. (Masson, 1908.)
- LAPICQUE. — Sur la base physiologique des calculs du ravitaillement. (*Paris Méd.*, 1940, p. 164.)
- LATARJET. — Cong. intern. de Méd. du sport, Turin-Rome, sept. 1933 (Rome, déc. 1934).
- LEFÈVRE J. — *Manuel critique de biologie*. (Masson, 1938.)
- LEHMANN G. et SZAKALL. — Métabolisme du chlore pendant le travail à température élevée. (*Arch. Phys.*, 9, 1937, p. 653.)
- et SZAKALL A. — Action de l'absorption des liquides et du chlore sur la capacité du travail des ouvriers travaillant à température élevée. (*Ab. Phys.*, 9, 1937, 9, p. 630.)
- LENOIR. — Sur la pratique des sports et la sous-alimentation. (*Ac. Méd.*, (14-10-41.)
- LEONG P.-C. — (*Biochem. J.*, 1937, 31, p. 367.)
- LESNE E. — L'alimentation des enfants dans l'éducation physique et les sports. (*Progrès Méd.*, 10-5-41.)
- MAJDRAKOFF. — (*Bulgarska Klinika*, 1936, 4, p. 214.)
- MANGOLD. — Sous-Alimentation. (*Diagnostics et Traitements*, N° 1, p. 76, cité par SAIDMAN.)
- MAURIAC P. et BROUSTET P. — (*Soc. Biol. Bordeaux*, 11-2-33.)
- MERCKLEN L. — La natation (*Conférence Scien. d'Ed. Phys. de l'Univ. de Lyon*, Rey, éd., 1930, p. 105.)
- MESSERLI F. — Contribution à l'étude de la croissance corporelle physiologique entre 19 et 32 ans. (*Bull. Soc. Vaudoise des Scienc. Nat.*, 1917, n° 51.)
- MISSIURO W. — Appréciation de la dynamique fonctionnelle de l'individu dans le problème du contrôle de l'influence exercée par l'éducation physique et par les sports. (*Congrès de Méd. appliquée à l'éducation physique et aux sports*, Chamonix 1934, II, p. 30.)
- et PERLSBERG. — Les recherches sur les influences de la leçon de gymnastique sur l'organisme. (*Rev. de Phys. du Mouvement*, Varsovie, 1935.)
- MORHARDT. — Questions d'alimentation. (*P. Méd.*, 1-8-42.)

- MOURIQUAND G. — Introduction à l'étude de la thérapeutique des avitaminoses. (25^e Cong. de Méd., Masson, 1938.)
- et COISNARD J. — Contribution à l'étude des dystrophies inapparentes par carence; valeur prése-méiologique de la chronaxie dite vestibulaire. (*Pr. Méd.*, 19-9-42, p. 578.)
- et COISNARD J. — L'activité musculaire devant les régimes normaux et carencés. (*Pr. Méd.*, 10-10-42, p. 642.)
- NOBECOURT P. — Rapport de Manouvrier suivant les tailles pendant l'enfance et la jeunesse. (*Prog. Méd.*, 7-12-29, n° 50, p. 2.133.)
- PAMPE W. — (*Arb. Physiol.* 1932, p. 343.)
- PI-SUNER et LISS G. — *Hoppe seylers Z.*, 1930, 193, p. 193.)
- POPPERLEUTER W. — (*Arb. Physiol.*, 1930, 2, p. 507.)
- PORRAZZO F. — Glicogénogénési da acido lattico nell avitaminosi B. (*B. Arch. Scien. Biol., Napoli*, 1937, 23, p. 241.)
- RAMBAULT (Mme), FONROGET et ORSSAUD. — Etude du poids chez les étudiants en rapport avec l'alimentation actuelle. (*Soc. des Scien. Méd. et Biol. de Montpellier*, 16-1-42.)
- RANDOIN L. (Mme). — Les quantités minima de principes nutritifs nécessaires et les rapports et équilibres alimentaires à réaliser dans les rations destinées aux adultes. (*Ac. Méd.*, 22-4-41, p. 429.)
- RATHERY F. — L'éducation physique et les besoins alimentaires. (*Ac. Méd.*, 1941, 124, p. 192.)
- RATSIMAMANGA A.-R. — Influence de l'acide ascorbique sur le comportement de l'organisme au repos. (*Travail humain*, 1939, 7, p. 301.)
- Influence de l'acide ascorbique sur le comportement de l'organisme au travail. (*Travail humain*, 1939, 7, p. 412.)
- Rapport de l'acide ascorbique et de l'activité musculaire. (*C. R. Soc. Biol.*, 1937, 126, p. 1.134.)
- Variations de la teneur en acide ascorbique dans la surrénale au cours du travail. (*C. R. Soc. Biol.*, 1939, 131, p. 863.)
- (*Thèse Sciences*, Paris, 1939.)
- Rapport de l'acide ascorbique et de l'activité musculaire. (*Soc. Biol.*, 1937, 126, p. 1.134.)
- RAYMOND-HAMET. — L'Iboga, drogue défatigante mal connue. (*Ac. Méd.*, 1941, 124, 243.)

- RÉCAMIER J. — L'éducation physique. (*Médecine et Travail* Lavandier, éd., Lyon, 1942, I.)
- RÈGLEMENT GÉNÉRAL D'INSTRUCTION MILITAIRE SPORTIVE. — (Lavauzelle, 1942, IV, Rôle du Médecin Militaire.)
- RICHER C. — Sur la limitation temporaire des exercices physiques pendant la période des grandes restrictions alimentaires. (*Ac. Méd.*, 27-1-42.)
- ROHMER P., BEZSSONOFF N. et STOERR S. — Sur l'incapacité pour l'animal de constituer des réserves de vitamine C. (*C. R. Soc. Biol.*, 1936, 121, p. 988.)
- RUBNER M. — (*Deutschland Volksernährung Zeitgemässe Betrachtungen*, 1930.)
- SCHAEFFER G. et LEBRETON E. — L'alcool n'est pas utilisé pour le travail musculaire. (*Biol. Méd.*, mai 1937.)
- SCHENK P. — (*Medizinische Welt*, 1936, nos 43 et 45.)
- SIMONNET M.-L. — Biotypologie générale et appliquée aux sports. (*Thèse Lyon*, 1934-35.)
- RAPPORT SUR LES BASES PHYSIOLOGIQUES DE L'ALIMENTATION. — (Londres 1935, Genève 1936, S. D. N. *Bull. Trim. de l'Org. d'Hyg.*, 1936, 5, 433.)
- (*Bull. d'Org. d'Hyg.*, 1936, 5.)
- Londres 1937, S. D. N., *Bull. de l'Org. d'Hyg.*, 7, n° 3, juin 1938.)
- SZAKALL. — Les limites de la puissance musculaire sous l'influence des dérivés de l'éphédrine (Pervitine). (*Münch. Medit. Woch. J.*, 1939.)
- TALBOTT. — (*J. Biol. Chem.*, 1932, 97, XL.)
- TANDLER. — (*Anatomie des Herzens*, Iéna, 1913.)
- TANON et DALIMIER. — La pratique des grands sports et l'alimentation. (*Ac. Méd.*, 28-9-41.)
- TERROINE E.-F. — La part protéique dans l'alimentation humaine. (*Bull. Org. Hyg. S. D. N.*, 1936, 5, 3, 472.)
- Le métabolisme de l'azote. (*Presse Universitaire de France*, 1933 et 1936.)
- TIGERSTEDT C. — (*Pflügers Arch. physiol.*, 1924, 205, p. 171.)
- VON TYSUKA. — Ernährung Z. Lebenshaltung d. Deutschen Volkes (Berlin, 1934.)
- WROCZYNSKI. — Le physique et la santé. (*Bull. Org. Hyg. S. D. N.*, 1937, 6, p. 593.)
- WURMAN M. — Contribution à l'étude expérimentale et thérapeutique d'un extrait de *Tabernanthe Manii* d'origine gabonaise. (*Thèse Méd.*, Paris, 1939.)

Table des Matières

— AVANT-PROPOS	13
— INTRODUCTION	15
— PREMIERE PARTIE : TRAVAIL MUSCULAIRE ET RATION ALIMENTAIRE	21
CHAPITRE 1 ^{er} . — Valeur énergétique de la ration et travail musculaire (aspect quantitatif du pro- blème)	23
A. — Standards alimentaires	23
B. — Evaluation des dépenses énergétiques en- traînées par le travail musculaire :	27
a) par ergométrie ou par formule mathéma- tique	28
b) par mesure des dépenses énergétiques..	30
C. — Place des dépenses énergétiques dues au travail musculaire dans les dépenses de l'orga- nisme	34
1. — Métabolisme de base	34
2. — Action dynamique spécifique	36
3. — Thermorégulation	37
4. — Rendement	40
5. — Travail cérébral	43
D. — Commentaires	46
CHAPITRE 2. — Travail musculaire et composition de la ration alimentaire (aspect qualitatif du problème)	55
A. — Protides	55
B. — Lipides	60
C. — Glucides	62
D. — Vitamines	66
E. — Substances minérales	73
F. — Alcool	73
G. — Substances utilisées pour accroître le rendement physique	76

— DEUXIEME PARTIE :	83
CHAPITRE 1 ^{er} . — Conditions générales de nos recherches	87
CHAPITRE 2. — Activité physique et sportive	91
a) Stature moyenne	91
b) Education physique	93
c) Sports	94
CHAPITRE 3. — Bilan alimentaire	99
a) Ration alimentaire des élèves internes... .	99
b) Ration alimentaire des élèves externes....	102
CHAPITRE 4. — Etude des variations pondérales des sujets des différents groupes.....	105
a) Comparaison des poids des sujets au mois de juin 1942 avec les poids moyens donnés comme normaux	105
b) étude des variations pondérales entre les chiffres relevés en décembre 1940 et ceux relevés en juin 1942	106
c) Etude des courbes de poids depuis décembre 1940 à juin 1942.....	109
CHAPITRE 5. — Comparaison de quelques indices de « robustesse » (P/T, Pignet, Ruffier, Spehl, Pelidisi)	117
CHAPITRE 6. — Etat sanitaire.....	123
— CONCLUSIONS	125
— BIBLIOGRAPHIE	129

